

TARTU RIIKLIKU ÕLIKOOLI TOIMETISED
УЧЕННЫЕ ЗАПИСКИ
ТАРТУСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

ALUSTATUD 1893. a.

VIINIK **153** ВЫПУСК

ОСНОВАНЫ в 1893 г.

ТРУДЫ ПО ФИЛОСОФИИ
VIII

Л. О. ВАЛЬТ

ПОЗНАВАТЕЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ
МОДЕЛЬНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ
В ФИЗИКЕ



ТАРТУ 1964

TARTU RIIKLIKU ÜLIKOOLI TOIMETISED
УЧЕННЫЕ ЗАПИСКИ
ТАРТУСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

ALUSTATUD 1893. a.

VIINIK 153 ВЫПУСК

ОСНОВАНЫ В 1893 г.

ТРУДЫ ПО ФИЛОСОФИИ

VIII

Л. О. ВАЛЬТ

**ПОЗНАВАТЕЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ
МОДЕЛЬНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ
В ФИЗИКЕ**

ТАРТУ 1964

Редакционная коллегия: Р. Блюм (ответственный редактор), И. Волков,
И. Калитс, А. Кеёрна, Т. Лойт, Л. Столович и В. Тюрк.

ВВЕДЕНИЕ

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Принятая историческим XXII съездом КПСС Программа Коммунистической партии Советского Союза фиксирует величественный план построения коммунистического общества в нашей стране. Программа выдвигает ряд важнейших задач в развитии науки, в том числе и философских наук. «В век бурного развития науки еще большую актуальность приобретает разработка философских проблем современного естествознания на основе диалектического материализма, как единственного научного метода познания», указывает Программа КПСС¹.

Философские проблемы естествознания — это в значительной части теоретико-познавательные и методологические проблемы. Необходимость их разработки на основе марксистско-ленинской теории и обобщения исторического развития науки, особенно новейшей, диктуется рядом обстоятельств.

Во-первых, развитие самих естественных наук требует изучения и усовершенствования их познавательного аппарата и методологических принципов. «Большое практическое значение будет иметь разработка вопросов, связанных с анализом научного мышления и усовершенствованием метода научного познания на современном этапе развития естественных наук», подчеркивал президент АН СССР М. В. Келдыш на общем собрании АН 15 ноября 1961 г.² Во-вторых, разработка гносеологических проблем естествознания будет в то же время серьезным развитием диалектического материализма, его конкретизацией и углублением. В-третьих, необходимо учитывать, что идеологическая борьба охватывает на современном этапе все без исключения явления духовной жизни общества. Мирозозренческая борьба идет и в области философских проблем естествознания. «Общественные науки и впредь должны решительно выступать против буржуазной идеологии, ... отстаивая чистоту принципов марксизма-ленинизма», говорится в Программе

¹ «Материалы XXII съезда КПСС», Москва, 1962, стр. 417.

² Вестник АН СССР, 12, 1961, стр. 30.

КПСС³. Борьба против реакционного мировоззрения в области философских проблем естествознания должна включать как критику и разоблачение всех попыток протаскивания буржуазной идеологии в науку и конкретное доказательство ее научной несостоятельности, так и противопоставление ей положительного решения этих проблем на основе марксизма-ленинизма. Известно, что некоторые направления буржуазной философии как в прошлом, так и в настоящем сосредоточивают свои усилия в сфере методологических проблем конкретных наук, пытаясь распространять свои идеи через науку, опираясь на ее авторитет. При этом источники таких взглядов тщательно маскируются, и новый вариант идеализма встает перед буржуазными естествоиспытателями как «чистая методология». Например, Мах отрицал наличие у него определенной философии, подчеркивая, что его взгляды — это только «методология и психология»⁴. В наши дни «нефилософский» характер своего учения — операционализма — всячески подчеркивал Л. Бриджмен.

В настоящей работе предпринимается попытка анализа познавательной роли воображаемых моделей в теоретической физике. Это — одна из малоисследованных проблем, стоящих на стыке ряда наук — физики, теории познания, логики и психологии творческого мышления.

Хотя в последнее время в марксистской философской литературе наблюдается заметное повышение интереса к проблемам моделирования⁵, все же темп их разработки явно не соответствует объективному значению этого очень распространенного метода.

Философская проблематика, связанная с методом моделирования, взятая в полном объеме, чрезвычайно широка. Мы ограничиваемся анализом гносеологической сущности очень распро-

³ «Материалы XXII съезда КПСС», Москва, 1962, стр. 418.

⁴ Мах Э., «Познание и заблуждение», М., 1909, стр. 3 и 22.

⁵ В последние годы из-под пера философов-марксистов вышел ряд статей по различным аспектам метода моделирования. См. В. А. Штофф, «Гносеологические функции модели», Вопросы философии, № 12, 1961, стр. 53—65; его же: «К вопросу о роли модельных представлений в научном познании», Уч. зап. ЛГУ, № 248, 1958, стр. 117—135; «О роли моделей в квантовой механике», Вопросы философии, № 12, 1958, стр. 67—79; «Критика неопозитивистского понимания роли моделей в познании», Вестник ЛГУ, № 5, 1961, стр. 85—95; А. А. Зиновьев, И. И. Ревзин, «Логическая модель как средство научного исследования», Вопросы философии, № 1, 1960, стр. 82—90; Фролов И. Т., «Гносеологические основы моделирования биологических систем», Вопросы философии № 2, 1961, стр. 39—51; Vigier, J. P. «Quelques problemes physiques poses par les theses de Lenine», Pensee, 1954, nr. 57, 60—66. Широкое обсуждение философских проблем моделирования возникло на конференции в университете им. Гумбольдта (Берлин): см. сборник «Arzt u Philosophie», Berlin, 1961; «Einheit», nr. 1, 1961. Усиленно разрабатывается проблема и в буржуазной философии. В 1960 году в Утрехтском университете состоялся международный коллоквиум по теме: «Понятие модели в математических, естественных и социальных науках». См. журнал «Synthese», XII, № 2/3, 1960.

страненного в теоретической физике метода «построения» мысленных, воображаемых моделей изучаемых объектов и процессов. Построение таких моделей было обычным приемом в классической физике. В современных физических теориях моделирование имеет несколько иной характер, но сам этот метод вовсе не отпадает полностью, как считают некоторые буржуазные методологи науки. Для буржуазной философии характерен идеалистический и метафизический подход к рассматриваемой проблеме, в силу чего ее действительная сущность то совершенно извращается, то дается односторонне. Следует отметить, что и в буржуазной философской литературе работы, посвященные специально воображаемым моделям теоретической физики, весьма немногочисленны; обычно эта проблема рассматривается лишь в тривиальном аспекте, мимоходом. При обсуждении доклада академика Л. Ф. Ильичева на общем собрании АН СССР 19—20 ноября, посвященном задачам общественных наук в строительстве коммунизма, академик М. Б. Митин сказал: «Целый узел новых гносеологических проблем возникает в связи с все более широким применением в современной науке и технике метода моделирования. Логическая структура этого метода чрезвычайно сложна; в процессе моделирования органически сочетаются многообразные логические и эмпирические приемы исследования. Встают вопросы об общих принципах переноса знания с модели на объект, об анализе основных типов моделирования в зависимости от специфики изучаемой области действительности и т. д. Чтобы решить эти вопросы, необходимы совместные усилия философов и работников конкретных областей знания»⁶.

Ввиду того, что интересующая нас проблема до сих пор разрабатывалась слабо, мы не можем претендовать на сколько-нибудь исчерпывающее ее решение. Это обуславливается и общирностью современной физической науки. В разрезе некоторых частных вопросов мы вынуждены ограничиваться лишь постановкой их. На наш взгляд, к решению гносеологических и методологических проблем, связанных с мысленными моделями, можно прийти лишь на основе анализа истории науки, на что мы и обращаем значительное внимание.

В связи с тем, что понятие «модель» в различных областях знания, а также в различных контекстах имеет существенно различное содержание, мы попытаемся прежде всего отграничить область исследуемых нами вопросов.

Слово «модель» (нем. «Modell», англ. «model», франц. «modèle», эстонск. «mudel») этимологически происходит от латинского «modulus», что первоначально являлось термином архитектуры. Заимствованный у Витрувия, он означал в раннем средневеко-

⁶ Вестник АН СССР, 12, 1962, стр. 39.

вые определенную меру, в которой выражались геометрические соотношения архитектурных элементов. Так возникли в европейских языках слова «moule» (старофранцузский) и «mould» (староанглийский), которые имели значение гармонической формы — чего-то сделанного по хорошему образцу. В 16-ом столетии итальянское слово «modello» вошло в немецкий, английский и французский языки уже в современной форме как термин изобразительного искусства. В 17—18 столетии этот термин стал уже неоднозначным. Он стал обозначать и геометрически подобное некоторому предмету физическое тело, (сделанное, возможно, из другого материала, но подражающее некоторым признакам оригинала⁷).

В настоящее время понятием модели оперируют чуть ли не во всех областях науки. Различные «модели» можно найти в теоретической физике, математике, логике, кибернетике, химии, генетике, психологии, лингвистике и т. д. Ясно, что содержание, вкладываемое в это понятие в различных областях, не тождественно, но в то же время существуют объективно и некоторые общие черты. Главное из них состоит в наличии отношения изоморфизма (или гомоморфизма) между оригиналом и моделью, причем природа самих этих объектов может быть самой различной — от физических тел до системы знаков или высказываний. При таком многообразии моделей естественным образом встает проблема классификации. Пока никто не предложил всеохватывающей развернутой классификации моделей; в литературе мы встречаем лишь попытки предварительного применения тех или иных признаков классификации⁸. Выбор принципа классификации в указанных работах зависит от того, какой аспект проблемы моделирования выдвигается автором в качестве объекта исследования.

Слово «модель» применяется в следующих существенно различных смыслах:

- 1) модель = образцовый экземпляр группы тождественных на определенном уровне объектов;
- 2) модель = более или менее точная копия, отображение объекта-оригинала, его части или аспекта;
- 3) модель = объект, подлежащий воспроизведению в другой форме.

⁷ «Modell» in Zedlers Universallexicon, 1739.

⁸ См. Л. А. Люстерник, С. Л. Соболев, «Некоторые вопросы вычислительной математики», Вестник АН СССР, № 10, 1960, стр. 23—31; «Понятие модели в современной науке» (авт. В. А. Штофф, в сборнике «Некоторые вопросы диалектического материализма», Ленинград, 1962, глава 12; L. Valt, «Mõtteliste mudelite tunnetuslikust tähtsusest füüsikas», TRÜ Toimetised, Tartu, 1960, 89, lk. 99—108; L. Apostel, «Towards the formal study of models in non-formal sciences», Synthese, XII, nr. 2/3, 1960, p. 125—161; Groenewold, H. «The model in physics», Ibidem, p. 222—227; G. Frey, «Symbolische und ikonische Modelle», ibid., p. 213—221.

Последнее значение «модели» мы находим, например, в искусстве. Но в этом значении слово иногда употребляется и в гносеологии (обратное обычному значению). Ленин, критикуя «теорию иероглифов» Гельмгольца, писал: «Бесспорно, что изображение никогда не может всецело сравняться с моделью, но одно дело изображение, другое дело символ, условный знак».⁹

Обычно принято классифицировать модели на физические и математические.¹⁰ Под физической моделью материального объекта А понимается материальный объект Б, воспроизводящий А с сохранением его физической природы и геометрического подобия. Такая модель отличается от объекта размерами, скоростью протекания процессов и т. д. При соблюдении условий подобия и однозначности результаты, полученные при изучении модели, могут быть переистолкованы как относящиеся к объекту-оригиналу. Этот метод часто применяется, когда непосредственное изучение оригинала затруднительно или неэкономично.

Под математической моделью материального объекта (A^1) понимается объект (B^1), который воспроизводит (A^1) или некоторые его свойства, имея при этом иную физическую природу, (например, если течение жидкости моделируется электрическим током) или не соблюдая геометрического подобия. Математическое моделирование основывается на том, что разные физические процессы описываются теми же математическими уравнениями.¹¹ Среди этих процессов могут быть такие, которые легче реализуются и результаты которых легче измерить. Эти процессы будут служить моделями для других, изображаемых такими же уравнениями. По практическим соображениям наиболее распространенным является электрическое моделирование механических, гидро- и аэродинамических, тепловых, диффузионных и т. д. процессов. Частным случаем такого моделирования является моделирование на вычислительной машине непрерывного действия. Иногда математическое моделирование может сочетаться с физическим.

Указанная классификация не охватывает всех моделей, имеющих характер копии или отображения оригинала, а именно: логических (знаковых) моделей, с одной стороны, и воображаемых («модельных представлений») — с другой. Это — более абстрактные модели. Если в математической модели (в смысле Колмогорова — Гутенмахера) мы абстрагируемся от конкретной физической природы явления, то в случае логической, зна-

⁹ Ленин В. И., Сочинения, т. 14, стр. 223.

¹⁰ См. БСЭ, т. 28, статья А. Н. Колмогорова «Моделирование», Л. И. Гутенмахера «Моделирование математическое», а также указанную в (7) статью Л. А. Люстерника и С. Л. Соболева.

¹¹ Обычно это — дифференциальные уравнения в частных производных. Различные типы таких уравнений — гиперболические, параболические, эллиптические — описывают широкий спектр различных физических процессов, одинаковых с точки зрения внутренней динамики их протекания.

ковой модели¹² характер знаков может иметь лишь психологическое значение; для отношения модель — оригинал тут важны исключительно интенциональные, смысловые характеристики знаков и правил их сочетания, но не конкретная их форма. Форма объективации (чертеж, схема, трехмерное изображение, словесное описание) несущественна и для тех моделей, которые существуют как наглядные представления в сознании ученого (модель атома, ядра и т. д.).

Необходимо указать еще на одно понимание модели, распространенное в логической и математической литературе. Тут под моделью понимается конкретная интерпретация формальной, дедуктивной системы, т. е. такая предметная область, где удовлетворяется определенная система аксиом, а также все истинные высказывания, выводимые из этих аксиом по правилам логики. «Возможная реализация, в которой удовлетворяются все высказывания теории T , называется моделью T ».¹³ Одна система аксиом может иметь различные реализации, разные изоморфные между собой модели. Объектам и соотношениям одной реализации соответствуют объекты и соотношения другой. Каждый факт, обнаруженный в одной реализации, может быть переистолкован как факт другой.

От указанного здесь следует еще отличать понятие модели в абстрактной алгебре как множества, в котором задано некоторое число n -арных отношений путем сопоставления n -ой степени M^n множества M (т. е. множества всех упорядоченных систем из элементов множества M) и любого его подмножества R .¹⁴

То же самое следует сказать и о расширенном толковании «модельности» как любого соответствия (без точного указания, что, с чем и как относятся). Здесь слово «модель» приобретает значение некоторой абстрактной аллегории.¹⁵

Проведенное различение моделей приводит естественным образом к определению модели (в смысле 2) как объективно существующего или представляемого объекта, изучение которого дает информацию о другом объекте. Сейчас необходимо расчленить класс таких моделей с целью выделения подкласса воображаемых моделей, что и будет объектом более детального изучения. На наш взгляд, целесообразно будет классифицировать модели (в смысле 2) следующим образом:

1) Вещественные модели. Сюда относятся все материальные

¹² См. А. А. Зиновьев, И. И. Ревзин. «Логическая модель как средство научного исследования», *Вопр. философии*, № 1, 1960, стр. 82—90.

¹³ Tarski, A. a. o. «Undecidable theories», Amsterdam, 1953, p. 11; Tarski, A. «Contributions to the theory of models», *Proceed. Kon. Nederl. Akad. Wetensch.*, 1954.

¹⁴ См. А. Г. Курош, «Лекции по общей алгебре». М. 1962, стр. 5.

¹⁵ Suppes, P. «A comparison of the meaning and uses of models in mathematics and in the empirical sciences», *Synthese*, XII, nr. 2/3, 1960, p. 287—301.

объекты, имитирующие структуру или функции других объектов, и находящиеся с ними в известном соотношении, так что данные, полученные при их изучении, имеют при соответствующем толковании значимость характеристик оригинала. Это — геометрически или функционально подобные модели. Сюда мы относим как физические модели, (сохраняющие физическую природу оригинала), так и «математические» модели, основанные на сходстве уравнений, описывающих их динамику, с уравнениями, описывающими динамику оригинала (уменьшенные модели машин, электрические модели тепловых процессов, моделирование на вычислительных машинах непрерывного или дискретного действия).

2) Воображаемые, мысленные модели. Они существуют не как обособленные вещественные объекты, а как определенные представления об оригинале, созданные на основе аналогии с более знакомыми ранее известными явлениями. Опираясь на такое модельное представление и зная общие законы изучаемой предметной области, можно развивать математическое или логическое построение, интерпретируемое как возможное описание оригинала. Сюда относятся модели, применяемые во всех разделах теоретической физики. Но такого рода модели применяются и в других областях науки. Все наши дальнейшие усилия и будут сосредоточены на изучении гносеологической роли воображаемых физико-теоретических моделей.¹⁶

Тот факт, что воображаемая (в частности, физико-теоретическая) модель существует как определенное представление, не противоречит тому, что она может быть объективирована путем словесного описания, чертежа или даже пространственной геометрической модели. Такое материальное воплощение воображаемой модели служит главным образом лишь дидактическим и коммуникативным целям.

3) Логико-математические (знаковые) модели. Они строятся как логические или математические исчисления. Необходимо различать такие модели от математического описания моделей (1) и (2). Если для последних может быть развито математическое исчисление как описание их (например, теория модели атома водорода Бора), то модели (3) сами должны быть описаны в определенной системе суждений, например, путем математического построения.¹⁷ Элементы такой модели уже не имеют

¹⁶ Сфера применимости указанных моделей не ограничивается исключительно областью физики, понимаемой в узком смысле слова. Они появляются всюду, где пытаются выяснить элементарные механизмы, на которых покоятся более сложные формы движения (например, в теории электролитов и вообще в физической химии, в биологии при изучении элементарного механизма наследственности и т. д.).

¹⁷ См. А. А. Зиновьев, И. И. Ревзин, ук. соч., стр. 85.

никакого сходства с элементами оригинала, они их не изображают, не копируют, а лишь обозначают. В целом же логическая модель все же есть отвлеченное отражение действительности благодаря тому, что правила оперирования над знаками суть законы логики, отражающие законы объективного мира. В воображаемой модели, не говоря уже о вещественной, изображается уже и пространственно-временная структура оригинала.

Одно из существенных различий между вещественными моделями, с одной стороны, и воображаемыми (а также и знаковыми), с другой стороны, состоит в следующем. Развитие познания путем применения вещественной модели включает всегда содержательные операции над этой моделью (эксперимент, измерения). В случае воображаемой модели (а также модели (3)) на модель налагаются определенные фиксированные ограничения, выражающие общие законы исследуемой предметной области; извлечение данных из этих моделей производится путем формализуемых операций.

Правда, «эксперименты» проводятся и на воображаемых моделях, но это, конечно, мысленные эксперименты. К этой проблеме мы еще вернемся в дальнейшем.

Рассмотрим физико-теоретические воображаемые модели¹⁸ (модельные представления) и попытаемся путем исторического и философского анализа выяснить их место, значение и функции в построении физических теорий. Этому посвящаются главы I и II настоящей работы.

Модель есть воображаемый объект, созданный в сознании на основе аналогии с чувственно воспринимаемыми явлениями. Элементами таких моделей являются чувственные образы вещей. С психологической точки зрения они характеризуются как общие представления, тесно взаимодействующие с понятиями. Поэтому последовательный анализ их гносеологической функции с необходимостью включает психологический аспект. Поскольку модель есть применение метода аналогии и всегда содержит в себе нечто гипотетическое, то одним из ее аспектов является индуктивно-логический. Собственно гносеологический аспект модели включает обширную проблематику (единство чувственного и абстрактного, анализа и синтеза, исторического и логического; вопрос познавательной активности субъекта и т. д.). На некоторых из этих проблем мы остановимся в третьей, заключительной главе работы.

¹⁸ В дальнейшем мы будем пользоваться понятием «модель» в смысле «физико-теоретическая воображаемая модель». Отклонения от этого смысла будут оговариваться особо.

Глава I

МОДЕЛИ И КЛАССИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

§ 1. Физическая теория и модель

Наглядные мысленные построения всегда занимали видное место в методологическом арсенале физики. Предпримем небольшую экскурсию в историю физики с целью прослеживания, как применялись модели и каковы были мнения самих физиков об их познавательной рели. Предлагаемый обзор никак не претендует на полноту; мы скорее ограничиваемся примерами, типичными для определенного этапа.

Возникновение идеи универсального механического объяснения природы восходит к Галилею. Эта идея в значительной мере опирается у него на открытия, сделанные им с помощью зрительной трубы. Нетрудно понять, каким сильным аргументом в пользу гелиоцентрической системы Коперника было непосредственное наблюдение Галилеем в 1610 году Юпитера и четырех его больших спутников. Это — настоящая модель системы планет. Наблюдение ее и толкало Галилея на применение к небесным телам закономерностей земной механики (принципа инерции), изложенной в «Диалоге о двух системах мира». Идея механического объяснения мира не получила у Галилея детального развития. Но с единой материальной субстанцией, лишенной качественных свойств, мы уже встречаемся у него. Эта идея, как известно, стала краеугольным камнем картезианской физики. В основе чисто механического, кинематического объяснения известных в то время явлений лежит отождествление пространства и вещества. Декарт построил единую «вихревую» картину мира, где все явления от возникновения небесных тел до физиологических процессов получили объяснение движениями бескачественной материи. Эта программа не могла быть выполнена без произвольных построений. Но важно, что в них фигурировали некоторые собственно физические представления о веществе. В построениях Декарта не хватало количественного подхода к изучению явлений. Остроумные наглядные построения и качественных объяснения не могли восполнить этот пробел. Такое по-

ложение вещей вполне понятно. Декарту ведь не хватало самой механики как системы определенных и строгих количественных соотношений, опирающейся на разработанный математический аппарат.¹ Это было достигнуто лишь работами, основу которых заложил Ньютон, и продолжателями которых стали Эйлер, Д'Аламбер и Лагранж. Тем не менее, картезианские идеи возродились в новой форме в 19 веке, и их влияние чувствуется в той или иной мере и во многих физических теориях нашего времени. Даже во время господства ньютонианства Эйлер и Ломоносов глубоко верили в существование картезианского эфира, исключая дальное действие, и построили на этой основе свои взгляды на электрические и магнитные явления и тяготение. По Ломоносову, «электрическая материя тождественна с эфиром».² Смысл этого утверждения выявился лишь в фарадеевско-максвелловской электродинамике.

Начиная с Ньютона, физика пошла по пути феноменологического описания явлений. Своим известным изречением «*hypotheses non fingo*» Ньютон выдвинул программу отказа от картезианских кинетических гипотез. Но это не было принципиальным отказом вообще, а лишь отказом от умозрительного, произвольного и неоднозначного описания природы. Сам Ньютон неоднократно демонстрировал свое умение построить модельные гипотезы, особенно в своем трактате по оптике. В некоторых вопросах Ньютон разрабатывал физику моделей довольно подробно, но никогда не доводил их до количественного расчета, до всех вытекающих из них логических и практических следствий. Такую разработку кинетических моделей Ньютон оставил на будущее.

Картезианство сводит интенсивные величины механики (сила) к экстенсивным (кинематическим и геометрическим) и требует объяснения природы сил. Ньютонианство же считает силу элементарным воздействием одних материальных частиц на другие и пытается на основе их объяснить экстенсивные величины и связи. В развитии физики в XVII и XVIII веках наблюдается диалектический переход от чувственно-наглядного к абстрактному; их противоположность снимается в определенном смысле в механицизме XIX века, особенно в механической теории тепла. Но и идеи ньютонианства продолжают в это время самостоятельное существование в виде феноменологической термодинамики, ставшей базой, на которой вырос позднее энергетизм. Механические теории XIX века сочетают в себе единство идей Декарта и Ньютона; но это не простое сочетание а теория качественно нового типа. «Чего не знала ни картезианская, ни нью-

¹ Б. Г. Кузнецов, «Генезис механического объяснения физических явлений...», в сб-ке «Очерки развития основных физических идей», М., 1959, стр. 185.

² Цит. по П. С. Кудрявцеву, «История физики», I, стр. 348.

тонианская физика — это гипотез, основанных на модификации механических законов, на введение понятий, несводимых к механическим законам, но связанных с ними. Экспериментальная проверка таких немеханических по своему характеру гипотез — характерная черта физики XIX века»³.

Впервые физика пришла к крупному синтезу моделей и математического анализа в механической теории тепла и электричества. Физика XIX столетия изобилует попытками свести эти явления к движениям себестождественных частиц, подчиненных механике Ньютона. Программным в этом отношении является высказывание Гельмгольца в его работе «О сохранении силы». По Гельмгольцу, «окончательная задача физических наук о природе заключается в том, чтобы явления природы свести к неизменным притягательным и отталкивательным силам, величина которых зависит от расстояния. Разрешимость этой задачи есть в то же время условие для возможности полного понимания природы»⁴. Правда, Гельмгольц хорошо видел основную в это время трудность — чуждую ньютоновской механике необратимость тепловых процессов.

И начало термодинамики было чужеродным элементом в механистической физике. И вот Гельмгольц, согласно выдвинутой им программе, взялся за включение энтропии в схему механистической физики, хотя и не «прямым» методом сведения к центральным силам. Гельмгольцу действительно удалось найти видоизменение механики, которое допускает механическую интерпретацию необратимости. Но для этого необходимо было ввести ненаблюдаемые, скрытые механические движения, которые являются непознаваемыми «вещами в себе». По мнению Л. С. Полака, иероглифическая теория познания Гельмгольца выросла именно из этого источника.⁵ И хотя работа Гельмгольца в этой области осталась только историческим эпизодом, она потеряла свою актуальность после того как была открыта фундаментальная связь энтропии и вероятности (по словам М. Лауэ — это одна из самых глубоких физических идей), все же от нее осталось нечто методологическое. Это — распространение вариационного принципа на необратимые процессы.

Гельмгольц, по-видимому, не дошел до понимания невозможности сведения явлений теплоты (а также электромагнетизма) к механике, хотя эта идея в его время уже развилась от робкой догадки Карно до обоснованного убеждения у Л. Больцмана и В. Гиббса, создавших статистическую механику. Идеи Гельмгольца, развитые впоследствии Герцем, были одним из вариантов механицизма. Необходимо отметить, что внутри механического миропонимания не было единого мнения относительно конкрет-

³ Кузнецов Б. Г. «Принципы классической физики», М., 1958, стр. 23.

⁴ Helmholtz, H. Ueber die Erhaltung der Kraft. Berlin, 1847, стр. 6.

⁵ Полак Л. С. «Вариационные принципы механики», М., 1960, стр. 412.

ного выполнения механистической программы. Механицизм Гельмгольца и его школы был, пожалуй, наиболее гибким вариантом; он содержал своеобразный модельный метод, стремление объяснить макроскопические явления скрытыми движениями, анализируемыми в терминах гамильтонова и лагранжева формализмов. Английские ученые во главе с В. Томсоном и О. Лоджем шли по пути более прямолинейного «инженерно-модельного» (выражение Л. С. Полака) механицизма, исходя из понятия силы как предельного понятия и стремясь прямо применить уравнения движения. Программой работы этого «наиболее механистического» механицизма была известная книга Томсона и Тэта⁶. В программе В. Томсона импонирует стремление к единству физической картины мира. Весь мир сводится к модификациям эфира. Атомы — это вихри в эфире, устойчивость которых обеспечивается законами гидродинамики (сохранение вихря в лишенной внутреннего трения жидкости). Притяжение и отталкивание вихрей выводится из свойств их движения; все силы лишь кажущиеся, они объясняются в конечном счете кинетическим путем, примерно как давление и упругость газа в кинетической теории. Идея Томсона — в сведении явлений теплоты и электродинамики к чисто механическим моделям, взятым, так сказать, из повседневной жизни. В. Томсон (лорд Кельвин) был очень находчивым изобретателем самых разнообразных механических моделей, познавательное значение которых он оценивал очень высоко. В своих знаменитых Балтиморских лекциях он демонстрирует огромное количество механических моделей, так сказать, «машинного типа» для объяснения световых и молекулярных явлений. Дюгем, критикуя (во многом справедливо) чрезмерную склонность физиков английской школы к умозрительным модельным представлениям, следующим образом характеризует способ изложения теории электричества единомышленником Томсона О. Лоджем⁷. «На каждом шагу вы находите здесь веревки, переброшенные через блоки, продетые сквозь небольшие кольца, носящие тяжести, трубки, из которых одни насасывают воду, другие набухают, стягиваются и растягиваются, зубчатые колеса, сцепленные между собой или с зубчатыми стержнями. Мы надеялись попасть в мирное и заботливо упорядоченное хозяйство дедуктивного разума, а попали на какой-то завод»⁸. Модели Томсона, Тэта и Лоджа не похожи на декартовские, состоящие из картезианской материи, которая есть только протяженность и движение. У Томсона модели совершенно конкретные: шнуры, блоки, студень... Построение их приобретает

⁶ W. Thomson, P. E. Tait, Treatise on Natural Philosophy. Oxford, 1867.

⁷ Речь идет о книге О. Lodge. Les théories modernes de l'Electricité. Paris, 1891. См. П. Дюгем. Физическая теория, ее цель и строение. Спб., 1910. стр. 84—85.

⁸ Дюгем П. «Физическая теория, ее цель и строение, Спб., 1910. стр. 96

у него характер своеобразного умственного упражнения; он и сам не придает им значения объяснения реальности и всегда готов видоизменять их довольно произвольным образом. «Цель моя — показать, как для каждой категории физических явлений, какова бы ни была природа этих явлений, можно построить механическую модель, удовлетворяющую поставленным условиям».⁹ Томсон говорит, что мы «чувствуем потребность представить себе модель этих явлений (упругость твердого тела, электромагнетизм и т. д. Л. В.). . . . Мне кажется, что когда мы спрашиваем себя, понимаем ли мы или не понимаем соответствующие физические проблемы, то смысл этого вопроса таков: в состоянии ли мы построить соответствующую механическую модель».¹⁰ В подобном иллюстративном духе Томсон вводит и ряд моделей атома.¹¹ Но Томсону, по-видимому, никогда не приходила в голову мысль о каких-либо свойствах атома, отличных от свойств макроскопических тел. Его вера в качественную однородность материи объясняется его философскими взглядами, узостью их. Уже Демокрит наделил атомы свойствами, отличными от свойств чувственно воспринимаемых тел. Но Томсон считает, что допущение существования атомов не может объяснить такие свойства тел, которые предварительно не предполагаются у самих атомов¹². В этом пункте «прямой» английский механицизм значительно уступает более богатой внутренними возможностями концепции Гельмгольца-Герца, допускающей обобщение логического аппарата механики с целью охвата специфически немеханических явлений. Вот почему все модели Томсона оказались лишь преходящими историческими эпизодами, а идея Гельмгольца возродилась в попытках построения единой теории поля и сохраняет значение и по сей день в методах «комбинирования» лагранжианов, исходя из требований весьма общего порядка (условия инвариантности, принцип причинности). И все же не удалось, исходя только из классической механики, объяснить тот круг явлений, который требовал создания статистической механики. Качественное своеобразие тепловых явлений, впервые глубоко понятое Больцманом, не допускало этого. «Открытие, что теплота представляет собой некоторое молекулярное движение, составило эпоху в науке», писал Энгельс.¹³ Создание кинетической теории газов сопровождалось жестокой мировоззренческой борьбой физиков-материалистов с энерги-

⁹ Thomson, W. Lectures on Molecular Dynamics and Wave-Theory of Light, Baltimore, 1884, p. 131.

¹⁰ Там же.

¹¹ «The size of Atoms. Proceedings Royal Institution, 1883, «On the Vortex-atoms», Edinburgh Philosophical Soc. Proceedings, Febr. 1867.

¹² По свидетельству Гельмгольца. См. Helmholtz, H. «Vorträge und Reden» 1884, II, S. 47; P. Volkmann «Erkenntnisstheoretische Grundzüge der Naturwissenschaften», Leipzig und Berlin, 1910, S. 16.

¹³ Энгельс Ф. Диалектика природы, 1950, М., стр. 201.

ками, отрицавшими или, по крайней мере, ставившими под сомнение реальное существование структурных единиц вещества — атомов и молекул. Особая роль в этой борьбе принадлежит Л. Больцману, основателю статистической физики в ее современной форме. Борьба эта привела к трагической кончине Больцмана незадолго до экспериментального доказательства атомной теории Перреном.

Между тем, среди буржуазных физиков — стихийных материалистов до наших дней идея сведения (сведения не только в логическом, но и в онтологическом плане; об их различии см. М. Бунге, Причинность. М., 1962, стр. 341) тепловых явлений к механическому пользуется популярностью. Не понимая качественного многообразия явлений природы, в частности, специфики тепловых явлений, так глубокого отмеченной Энгельсом, многие из них склонны трактовать статистическую механику как предельный случай классической. Характерны в этом отношении работы Дж. Майера¹⁴. Такие попытки несостоятельны не только с философской, но и с физической точки зрения. Как показал академик Н. Н. Боголюбов¹⁵, при выводе статистических свойств системы при помощи динамической теории на определенном этапе делаются предположения, чуждые механике, что и приводит к качественно новым результатам.

Здесь мы не упоминаем Максвелла. В построении его теории электромагнитного поля, а также в интерпретации этой теории наглядные модели играли несколько другую роль (по сравнению, с теорией теплоты). Сам Максвелл, один из самых сильных умов своего времени, значительно глубже своих современников понимал их действительную роль в познании. Поэтому мы рассмотрим этот вопрос подробнее.

В фарадеевско-максвелловской электродинамике возродились некоторые идеи декартовской физики. Введение математики дало Максвеллу возможность аналитического рассмотрения проблем электромагнетизма. Но в создании этой теории (как и в других физических теориях) нет прямого пути от экспериментальных данных к абстрактной теории, выражаемой, в конечном счете, в уравнениях, описывающих соответствующие физические явления (в данном случае — уравнениях Максвелла). Не все элементы теории вытекают из экспериментальных данных. Это объясняется исторической ограниченностью эксперимента и наблюдения. Сила теории в том и состоит, что, исходя из ограниченного эмпирического знания, она распространяется на более широкий круг

¹⁴ Дж. Майер, М. Гепперт-Майер. Статистическая механика. М., 1952. В русском переводе обширная механистическая программа в большинстве опущена. См. J. Mayer, M. Goepfert-Mayer, Statistical Mechanics, N. J. 1946. Chapt. I, § 1.

¹⁵ Боголюбов Н. Н. Проблема динамической теории в статистической физике. М., 1946.

однородных, а также и разнородных, на первый взгляд, явлений. Здесь большую услугу физике оказывает формальная математическая теория, которая отражает действительность и в собственной, внутренней структуре, а не только будучи интерпретированной в физических величинах (особенно отчетливо это видно в случае тех математических объектов, которые определяют лишь правилами их преобразования). По мере развития физики находятся физические эквиваленты ряда математических понятий (точнее абстрактных объектов). Так произошло, например, в теории спиноров, которая создавалась Картаном как чисто формальная теория. Но математические понятия, воплощаясь в новой физической теории, получают сильный стимул дальнейшего развития. Экспансия такой теории происходит за счет того, что результаты, получаемые аналитической обработкой физических идей (например, фарадеевских идей Максвеллом) обычно, выходят за пределы тех вопросов, которые ставились с физической точки зрения; они являются более общими и глубокими. Теория, не способная к такой экспансии, как правило, покоится на излишне специализированной гипотезе *ad hoc* и нуждается в пересмотре и подгонке при каждом новом экспериментальном открытии. Такие теории то и дело появляются во многих областях физики. Они, как правило, хорошо описывают имеющиеся эмпирические данные, а также (например, через модификацию входящих в теорию коэффициентов) допускают включение новых данных *post factum*; но их способность к позитивным предсказаниям обычно ничтожна. Именно к такого рода описательным, а не объясняющим теориям толкали естествоиспытателей махисты, и толкают в наши дни неопозитивисты. Если говорить конкретно о теории Максвелла, то уравнение

$$\operatorname{rot} \vec{E} = - \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$$

есть просто закон индукции Фарадея, переписанный в дифференциальной форме, и его можно рассматривать как относительно прямое обобщение опытных данных. В случае отсутствия тока

$$\vec{H} = 0$$

но обобщение этого уравнения в уравнение

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

уже не подсказывается экспериментом, а лишь подтверждается им!

Из данных наблюдений (например, в виде таблицы) не может непосредственно получаться закон явления. Не может быть

получено даже дифференциальное уравнение, описывающее процесс во времени. Чтобы ввести время, необходима некоторая гипотеза, модельное представление об объекте, которое не может быть извлечено непосредственно из наблюдения. Но это будет уже не описание, а причинное объяснение. Стремление феноменологического направления использовать в построении теории только эмпирический, а не «метафизический» материал несовместимо с научным исследованием, что правильно отмечается и многими буржуазными философами. Динглер, критикуя эту точку зрения¹⁶, говорит, что она ведет не к настоящим, а конструированным теориям и «абстракциям письменного стола» (*Schreibtischabstraktion*). Это было глубоко понятно и самим Максвеллом, к рассмотрению взглядов которого на роль моделей мы сейчас и переходим.

Как известно, Максвелл вел плодотворную работу как в области кинетической теории газов, так и в области теории электромагнетизма. В обоих случаях он опирался на механические модели, но природа и роль этих моделей, а поэтому и характер получаемых теорий были различными и в известном смысле даже противоположными.

Распространение тепла является процессом существенно немеханическим в силу его необратимости. Тем не менее при феноменологической его трактовке можно пользоваться моделью-аналогом с течением жидкости; в этом случае можно, в частности, вывести из этих соображений дифференциальное уравнение в частных производных параболического типа, описывающее данный процесс—уравнение теплопроводности, и рассматривать конкретные проблемы, интегрируя это уравнение с учетом соответствующих краевых и начальных условий. Но как только такая макроскопическая трактовка заменяется микроподходом на уровне молекул, прежняя модель станет неприменимой и заменяется новой, отражающей свойства молекул (абсолютно эластичные шарики и соединения таких шариков в случае теории многоатомных молекул). Но эта новая модель — уже не условная аналогия, а действительное описание реальных микропроцессов, лежащих в основе макроявлений и неотделимо связанных с ними. Но тем не менее, немеханический макропроцесс (необратимое распространение тепла) не сводится к скрытому механическому микропроцессу, не делается тождественным с ним по природе, а лишь объясняется им.* Здесь объясняемое

¹⁶ См. Dingler, H. *Physik und Hypothese*. Berlin, 1921, S. 67; *Die Methode der Physik*, München, 1938, S. 287.

* Небезинтересно отметить, что парадоксы, возникшие в результате попытки сведения кинетической теории газов к ньютоновской механике и показавшие наглядно качественное различие статистических законов («демон» Максвелла и парадокс Гиббса) стали исходной точкой новых научных дисциплин — теории информации и квантовой статистики.

не является простым агрегатом событий более мелкого масштаба, а результатом качественно отличных событий, принадлежащих к более низкому уровню структурной организации материи. Тут устанавливается генетическая связь между различными областями. Известный аргентинский философ М. Бунге отмечает по этому поводу: «Этот вид объяснений зачастую называется сведением. Это обозначение является ошибочным, поскольку оно может навести на мысль о том, что характерные качества данного уровня разъясняются из связи со свойствами нижележащего уровня. С логической точки зрения каждое объяснение является сведением, поскольку оно состоит в выводе частного из общих утверждений; но оно не всегда онтологически сводимо...».¹⁷ Кинетическая теория является в этом плане истинной микротеорией; в основе ее лежат модели, которые в широких пределах правильно отражают свойства молекул. Возможности же модели, применяемой в макротеории тепла, ограничиваются лишь одним частным аспектом моделируемого явления.

Существенно иначе обстоит дело в построении теории электромагнитного поля. Вывод уравнений поля у Максвелла опирается на модель молекулярных вихрей, взаимодействующих между собой посредством круглых частичек, вращающихся подобно сателлитным зубчатым колесам в дифференциале автомобиля. «Если хотят, чтобы в механизме два колеса вращались в одном и том же направлении, то между ними ставят третье колесо, находящееся в сцеплении с обоими (это колесо называется холостым). Указанное выше предположение является гипотезой о существовании слоя частиц, действующих наподобие этих колес».¹⁸ Хотя эта модель микроскопическая, она выполняет ту функцию, которую выполняла в теории тепла макроскопическая модель течения жидкости, а именно функцию условной аналогии. Она играет роль своего рода строительных лесов теории: как только получены уравнения, модель уже оказывается лишней; она не допускает расширенной трактовки электромагнитного поля. Это делается уже в рамках математической теории рассмотренным прежде способом. Математика дает возможность расширять найденный с помощью модели изоморфизм отношений на те явления, которые в рамках исходной модели уже не могут трактоваться. По отношению к теории электромагнетизма в целом исходные модели будут уже не *mechanical explanation*, а только *illustration*, да и то частичное. Максвелл сам это прекрасно понимал. Он никогда не отождествлял используемые им в теории электромагнетизма модели с реальными явлениями; они выступают лишь как аналогии, а не мыслятся Максвеллом как реальные эквиваленты электромагнитных процессов.

¹⁷ См. Бунге, М. Причинность. М., 1962, стр. 340—341.

¹⁸ Максвелл Д. К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. М. 1952, стр. 131.

Эти модели не были механическими в смысле картезианства, всегда предполагавшего тождество природы сравниваемых процессов. Так, например, направление и интенсивность электрических и магнитных сил моделируется ими течением по трубкам несжимаемой жидкости, которая обладает взаимно исключаящими друг друга, с точки зрения механики, свойствами: она безынерционна, но в то же время испытывает значительное сопротивление при движении. «Надмеханический» характер применяемой им аналогии подчеркивает сам Максвелл, говоря, что субстанции, о которых идет речь, не следует рассматривать ни как действительную жидкость, ни как электрический флюид старой теории. «Она представляет собой исключительно совокупность фиктивных свойств, составленную с целью представить некоторые теоремы чистой математики в форме более наглядной и с большей легкостью применимой к физическим задачам, чем форма, использующая чисто алгебраические знаки».¹⁹ Внутренние взаимосвязи явлений области электромагнетизма, по словам Максвелла, «значительно более многочисленны и сложны, чем любой до сих пор разработанной научной дисциплины».

Уже в ранней работе «О фарадеевых силовых линиях» он стремился описать электромагнитное поле с помощью аналогии из гидродинамики идеальной жидкости.²⁰ Он ищет «такой метод исследования, который на каждом шагу основывался бы на ясных физических представлениях»²¹. Как в этой работе, так и в дальнейшем он всегда старался выяснить физический смысл используемых им математических абстракций.

Согласно Максвеллу, динамическое объяснение применимо к электромагнетизму лишь в виде динамической теории, ограничивающейся установлением общих закономерностей (уравнения Лагранжа, сохранение энергии), без однозначного, детального объяснения всех подробностей²². В связи с тем, что модели выступают здесь лишь как очень ограниченные аналогии, а не более или менее точные представители реальности, теория Максвелла носит явный феноменологический и микроскопический характер (несмотря на «микроскопичность» исходных моделей). В случае, если рассматривается электромагнитное поле в среде, эти модели не дают никаких указаний насчет того, как теоретически рассчитать диэлектрическую проницаемость ϵ , магнитную восприимчивость μ и проводимость σ , в силу чего они должны быть взяты из опыта. Для их расчета были необходимы «истинные», репрезентативные модели структуры вещества, рас-

¹⁹ Там же, стр. 18.

²⁰ См. ук. соч., стр. 11—88.

²¹ Там же, стр. 12.

²² См. об этом: Turner, J. Maxwell on the Logic of Dynamical Explanation». The British Journal for Philosophy of Science, 1956, 23, nr. 1, p. 36—47.

смотренные позднее в рамках микроскопической электродинамики (электронной теории). Эти модели привели к построению теории пара- и диамагнетизма (Лармор, Лоренц и Лорентц). Но теория ферромагнетизма могла быть построена только феноменологически (Вейсс), ибо, как выяснилось позднее, она непосредственно связана с квантовыми процессами и тем самым выходит далеко за пределы классической физики.

На физиков, для которых механическое объяснение было непоколебимым догматом, максвелловский «Трактат об электричестве и магнетизме»²³ произвел курьезное впечатление. Дело в том, что уравнения и выводы теории, собственно, не имели отношения к тем моделям, которые служили основой для их вывода; в частности, эти модели могли быть заменены другими. Это ставило физиков перед дилеммой: либо трактовать уравнения Максвелла в духе чистой феноменологии, для которой, по словам Больцмана, «казалось единственной целью физики написанное для процессов уравнение, без всяких гипотез или наглядного представления, или механического объяснения»²⁴, либо найти «истинные» механические модели, допускающие однозначную интерпретацию уравнений Максвелла. По первому пути шел Герц, объявляя, что «теория Максвелла — это уравнения Максвелла». Но большинство физиков пошло по второму пути, ставя прежде всего вопрос о том, «что является собственно вещественным субстратом электрического движения, что собственно за вещь вызывает своим движением электрические явления»²⁵. В головах физиков еще не было места для понятия поля как не-вещественного вида материи и для электромагнитных колебаний как колебаний силы, напряженности поля, а не частичек эфира. Вот так и родилась проблема построения механической модели эфира с целью отыскания механической системы, «спрятанной за кулисами максвелловской электродинамики». Происходило это потому, что не было понятно самое главное в теории Максвелла: то, что его уравнения не только независимы от выбора тон или иной из неоднозначных механических интерпретаций, а независимы от существования механической интерпретации вообще²⁶.

Были сделаны огромные усилия с целью построения механической картины эфира; различных моделей эфира было предложено около 120-ти. Все они имели лишь один общий признак: оказались негодными для объяснения сколько-нибудь обширной группы явлений (т. е. оказались гипотезами *ad hoc*). Они придумывались и самыми выдающимися физиками того времени:

²³ Maxwell, J. C. «Treatise on Electricity and Magnetism». London, 1873.

²⁴ Boltzmann, L. «Populäre Schriften», Leipzig, 1905, S. 226.

²⁵ Энгельс, Ф. «Диалектика природы». М. 1950, стр. 88.

²⁶ См. Кузнецов Б. Г. «Принципы классической физики». М., 1958, стр. 303.

Больцманом, Фицджеральдом, Мак-Куллахом, а в особенности В. Томсоном. Мы не будем останавливаться на конкретных моделях эфира, ибо они неоднократно описаны и собраны различными авторами²⁷. Напряженность магнитного поля, вообще говоря, связывалась с трансляторными движениями эфира, а электрическое поле — с вращением эфира. Для объяснения энергетических соотношений пришлось принимать своеобразную теорию упругости эфира, согласно которой потенциальная энергия является квадратичной функцией углов вращения (т. е. восстановительными силами являются пары сил). Это — эфир Мак-Куллаха (Mc Cullagh). Известны еще эфир Гретца, квази-лабильный эфир и квази-жесткий эфир В. Томсона (Кельвина). Последний «строится» из гиростатов. Целью является отыскание такой механической системы, которая: 1) оказывает сопротивление только вращениям; 2) содержит некоторое количество линий, остающихся «параллельными» самому себе при любой деформации, не связанной с вращением. Вызывает восхищение остроумность инженерно-технической конструкции Кельвина, заслуживающей иного применения. Но сочетать огромную жесткость эфира, необходимую для объяснения распространения колебаний с частотой порядка 10^{15} герц с ничтожной его плотностью никому не удалось. Постоянные неудачи эфирной теории толкали мысли физиков на поиски, хотя конкретного выхода из трудностей никто не видел. Очень глубоко понимал характер этих трудностей Энгельс; еще в начале разгара работы над построением механической теории эфира (1882) он высказал гениальную мысль о том, что эфирная теория возможно «будет вытеснена какой-нибудь совершенно новой теорией»²⁸ — мысль, которая не пришла в голову физикам, стоявшим на позициях метафизического материализма. Энгельс рассматривает тогдашнее положение в физике как «переходное состояние науки».

Новые затруднения, возникающие у естественников — стихийных материалистов на рубеже XX века, привели к кризису разделяемой ими картины мира, кризису, причины которого раскрыл В. И. Ленин в «Материализме и эмпириокритицизме».

Лорентц, рассматривая попытки объяснения явлений электромагнетизма при помощи гипотез относительно строения и свойств эфира, отмечает, что эти теории, хотя они имели некоторый ограниченный успех, «не дают особого удовлетворения, так как становятся все более искусственными по мере возрастания количества случаев, требующих детального объяснения»²⁹. Лорентц отмечает, что если даже придерживаться феноменологи-

²⁷ См. Г. А. Лорентц «Теория и модели эфира». М.-Л. 1936; А. Копп, *Mechanische Theorien d. Lichtäthers*, *Physikalische Zeitschrift*, 19, S. 201—203; 234—237; 327—330; 426—429; E. Whittaker, «History of the Theories of Aether and Electricity». Edinburgh, 1951.

²⁸ Энгельс Ф. «Диалектика природы», М. 1950, стр. 89.

ческого взгляда на теорию Максвелла, то «механическое аналогии все же сохраняют некоторое значение. Они помогают нам думать о явлениях и могут явиться источником идей для новых исследований»³⁰. В этом Лоренц прав. Модельные представления сослужили добрую службу в исследовании взаимодействия поля с веществом и, таким образом, стали исходной точкой в развитии учения о строении атома.

В категорической форме выражается о неудаче механической теории электромагнетизма Планк. Он пишет: «Все попытки объяснить эти простые законы (уравнения Максвелла. Л. В.) не удалась совершенно и окончательно»³¹. Эти строки были написаны уже после того, как созданная Эйнштейном специальная теория относительно нанесла смертельный удар детищу механической картины мира — эфиру. А несколькими годами позже, принципиальная невозможность сведения теории Максвелла к каким бы то ни было механическим моделям была доказана Феликсом Клейном методами теории групп. Дело в том, что уравнения классической механики обладают иными свойствами симметрии (галилеевская группа), нежели уравнения Максвелла, которые инвариантны по отношению к группе преобразования Лоренца. Это доказательство не говорит, что теория электромагнетизма не может быть сведена ни к какой наглядной модели: оно говорит лишь, что это невозможно, если модель мыслится как подчиненная ньютоновской динамике. Это типичное доказательство неразрешимости определенной задачи не вообще, а данными средствами. Мы не будем детально останавливаться на моделях, введенных в теорию электромагнетизма Ларморов, Лоренцом, Ми и другими, ибо в интересующем нас плане они не составляют особой эпохи. Неудача попыток построения механической картины мира, стремление к единству этой картины и метафизическая философская установка естественным образом толкали этих ученых к идее электромагнитного варианта механицизма, к сведению механики к электромагнетизму. У Лармора эта тенденция только возникала. Но уже Лоренц берет свои уравнения микрополя (электронной теории) за «простейшее выражение, которое может быть найдено для законов электромагнетизма»³². Правильность этих уравнений не могла быть проверена экспериментально; такой проверке могли быть подчинены лишь уравнения, усредненные по достаточно большим областям.

²⁹ Лоренц Г. «Теории и модели эфира». М., 1936, стр. 66 (Лекции, которые легли в основу этой книги, были прочитаны в 1901/02 учебном году).

³⁰ Там же.

³¹ Planck, M. Die Stellung der neuen Physik zur mechanischen Naturanschauung. Berlin, 1910.

³² О таких доказательствах см. W. Blaschke. Reden und Reisen eines Geometers. Berlin, 1961, S. 14—15.

³³ Lorentz, H. A. «Collected Papers», vol. 3, Amsterdam, 1936, p. 136.

В развитии физической теории работы Лоренца были неоценимым вкладом; они вели вплотную к идеям теории относительности и квантовой механики, хотя эти новые теории, особенно последняя, настолько порвали с традиционными методами классической физики, в духе которой был воспитан Лорентц, что она не была правильно понята им. Но при этом фактически он сам стучал в дверь квантовой механики, когда убедился в невозможности объяснить в рамках электронной теории более сложные формы явления Зеемана.

«... в объяснении сложных форм явления Зеемана мы, пожалуй, потерпели неудачу»³⁴.

Последняя крупная перипетия механицизма — это электродинамика Г. Ми, (1912) непосредственно примыкающая к идеям Лармора и Лорентца, синтезируя их специальной теорией относительности. Для Ми «целью является сведение механики к электромагнитным явлениям, а не сведение электромагнетизма к механическим явлениям»³⁵. Ми трактует электроны как своего рода сингулярности в эфире. Исторически теория Ми интересна тем, что: 1) она впервые попыталась объяснить устойчивость элементарной частицы (электрона), 2) она — первая попытка построения нелинейной теории.

Построение воображаемых механических и квазимеханических моделей в физике имело определенное влияние на развитие такой, довольно отдаленной от нее в то время дисциплины, как математическая логика. В частности, требовалось выяснение применимости понятия равенства к ненаблюдаемым величинам. Гельмгольц показал, что это понятие — частный случай определения через абстракцию, и оно связано симметричностью объектов³⁶. Эта идея успешно использовалась в работах Кантора и Фреге. Больцман, рассматривая связь физики континуума с атомистической теорией, указывал, что дифференциальное уравнение, отражающее по своей природе континуальное, «... является лишь выражение того, что сперва надо мыслить конечное число»³⁷. Больцман правильно подчеркивает, что, когда дифференциальное уравнение рассматривается как самое целесообразное представление действительности (на чем так настаивали энергетики), то изгнание атомизма, идеи прерывности лишь иллюзорно, так как без этого понятие предела потеряет смысл. Дедекиндом и Кантором разрабатывалась проблема связи непрерывного и прерывного в математике именно под воздействием соответствующих физических идей. И они показали, каким образом конституирует-

³⁴ Лорентц Г. А. Теория электронов, стр. 438.

³⁵ Ми Г. Курс электричества и магнетизма. Одесса, 1912, стр. IX.

³⁶ См. Кольман Э. «Значение символической логики», сб. «Логические исследования», М. 1959, стр. 10.

³⁷ Больцман Л. Очерки методологии физики, М., 1929, стр. 95.

ся из прерывного множества рациональных чисел непрерывное множество, континуум вещественных чисел.

Первые физические гипотезы о внутренней структуре атома появились в последней трети XIX века. Толчок к этому дало открытие катодных лучей в 1869 году. В 1874 г. Крукс высказал предположение, что катодные лучи — это поток частиц, входящих в состав атома. Но поскольку природа катодных лучей была еще совершенно неизвестна, да и само существование атомов было спорной проблемой, то любые предположения о внутренней структуре атома имели совершенно спекулятивный характер. Тем не менее, мы встречаем смелые и, как выяснилось позже, довольно близкие к истине гипотезы. Наиболее интересные из них были выдвинуты русскими учеными. Так, например, Менделеев подчеркивал, что атомы неделимы в химическом смысле, «подобно тому, как при рассмотрении людьми отношений между ними человек есть неделимая единица». Но эта индивидуальность атомов, по Менделееву, объясняется «внутренними движениями»; по его мнению, «мир атомов устроен так же, как мир небесных светил, со своими солнцами, планетами и спутниками»³⁸. К догадке о планетарной модели атома пришел и П. Н. Лебедев, сделавший 22 января 1887 года в своем дневнике следующую запись: «Атом любого первичного элемента (Н, О, Ва, ...) представляет собой настоящую солнечную систему, т. е. состоит из различных атомных планет, вращающихся с различными скоростями, или движутся каким-нибудь иным характерно периодическим образом вокруг центральной планеты. Периоды их очень малы (по нашему пониманию) ...»³⁹.

Одна из ранних попыток построить модельное представление структуры атома, относящаяся к 80—90 годам XIX века, принадлежит русскому ученому Чичерину. Исходным пунктом в его рассуждениях были опытные данные об атомных весах, плотности элементов, и закономерности, проявляющиеся в таблице Менделеева. Модель Чичерина построена в духе идеи Проута (сложные атомы состоят из атомов водорода)⁴⁰. Взаимодействие внутри атома, по Чичерину, гравитационное. Интересно, что в этой модели в неявном виде высказывается идея ядра (центрального уплотнения).

Принципиальное значение для выдвижения более адекватных моделей атома имело установление того факта, что катодные лучи несут электрический заряд (Перрен, 1895) и приближенное измерение их заряда и массы Вихертом, Дж. Томсоном и Ленаром (1897—1899). Начались попытки построения модели из за-

³⁸ Цитируется по книге Корякина Ю. И. «Биография атома», М. 1961, стр. 32.

³⁹ Цитируется по книге «Пути в неизвестное», М., 1960, стр. 327.

⁴⁰ См. Кубис Л. П. «Первая атомная модель». Ученые записки Сталинградского государственного педагогического ин-та им. А. С. Серафимовича; 1953, № 3.

рядов противоположного знака с целью установления связи между закономерностями спектров и колебанием электронов, а также объяснения периодической системы элементов и радиоактивности. Предполагалось, что спектральные линии свободных атомов могут истолковываться по аналогии со звуковыми колебаниями (основной и обертоны). Для этого нужна была модель с квазиэластически связанными электронами. Такая модель была предложена В. Томсоном; она представляла собой сферу с положительным объемным зарядом с сгруппированными в нем в устойчивую конфигурацию электронами («пудинг с изюмом»). Видоизмененный вариант этой модели рассматривался математически в 1903 году Дж. Томсоном. Ему удалось объяснить некоторые из закономерностей, выражающихся в таблице Менделеева, явления поглощения и дисперсии света и монохроматичность спектральных линий, но в объяснении закономерностей спектра он потерпел неудачу. Также обстояло дело с моделями, предложенными Ленаром и Нагаока (1903—1904). Хотя в последней модели уже содержится идея атомного ядра, она ни на чем не основана. Для теории не хватало фундаментального факта, открытого Резерфордом в опытах по рассеянию α -частиц — существования относительно небольшого положительно заряженного ядра, которое заключает в себе почти всю массу атома. Из опытов Резерфорда следовала ядерная (планетарная) модель атома уже довольно однозначным образом. Новый экспериментальный факт элиминировал из теории ряд произвольных элементов и значительно сужал круг поисков модели. Но для того, чтобы объяснить главное — спектральные закономерности, приходилось предпринять еще один смелый шаг в направлении разрыва с классической физикой, а именно сочетать модель Резерфорда с квантовыми идеями, выдвинутыми Планком в 1901 году и развитыми Эйнштейном в 1905 г. Это блестяще удалось Бору. Его атомная модель, хотя она носила явно «гибридный» характер, сочетая в себе классические и квантовые представления, открыла существенно новую эпоху в атомной теории. Поразительно точное количественное совпадение теории Бора с данными спектральных измерений решительно исключало мысль о случайности успеха этой теории, хотя в нем были, по свидетельству В. Брегга, «довольно странные предположения» (речь идет о постулатах Бора). Дальнейшую судьбу модели мы проследим уже в связи с квантовой теорией. По существу, видоизменением модели Бора является кубиковая модель Косселя, примененная Борном в теории строения щелочногалогидных кристаллов. В двадцатых годах были, правда, предложены и некоторые иные модели атома в духе классической физики (модель Уйттекера, Стюарта, Лэнгмюйра), но все они носят характер узких гипотез *ad hoc*, и для развития главного направления теории они не имели никакого значения.

§ 2. Борьба материализма и идеализма в период кризиса физики и проблема моделей.

Отрицательный результат опыта Майкельсона, невозможность объяснить распределение энергии в спектре излучения черного тела (а, быть может, еще больше возможность его объяснения с помощью гипотезы Планка), открытие радиоактивности и электрона, установление зависимости его массы от скорости — вот открытия, которые разрушили до основания здание классической физики. Сама материя, отождествляемая в рамках метафизического материализма с массой, оказалась неабсолютной — «материя исчезла». Казалось «новейшая революция в естествознании» покончила с материализмом. Энергетизм и махизм восторжествовали.

Этот «кризис физики» подверг глубочайшему анализу В. И. Ленин в своей книге «Материализм и эмпириокритицизм». В философском отношении суть кризиса заключается в том, что старая физика видела в своих теориях отражение объективной реальности, а новое течение «... видит в теории только символы, знаки, отметки для практики, т. е. отрицает существование объективной реальности, независимой от нашего сознания и отражаемой им ... Материалистическая теория познания, стихийно принимавшаяся прежней физикой, сменилась идеалистической и агностической, чем воспользовался фидеизм, вопреки желанию идеалистов и агностиков»⁴¹.

Ленин показывает, что «исчезновение материи», провозглашаемое идеалистами, есть лишь исчезновение предела, до которого мы знали материю до сих пор. Свергнутым оказывается лишь старый, метафизический материализм, исходящий из допущения наличия в природе «неизменной сущности». «Неизменно, с точки зрения Энгельса», — объясняет Ленин — «только одно: это — отражение человеческим сознанием (когда существует человеческое сознание) независимо от него существующего и развивающегося внешнего мира. Никакой другой «неизменности», никакой другой «сущности», никакой «абсолютной субстанции» в том смысле, в каком разрисовывала эти понятия праздная профессорская философия, для Маркса и Энгельса не существует. «Сущность» вещей или «субстанция» тоже относительны; они выражают только углубление человеческого познания объектов ... Электрон также неисчерпаем, как и атом, природа бесконечна ...»⁴².

Идейная борьба в пределах самой физической теории (в той мере, в которой она может рассматриваться отдельно от философского ее истолкования), в основном носила характер борьбы

⁴¹ Ленин В. И. Сочинения, т. 14, М. 1952, стр. 243—244.

⁴² Там же, стр. 249

энергетики и атомистики. Открытие закона сохранения энергии было, безусловно, одной из величайших побед науки XIX века. Этот закон дает возможность трактовать с единой точки зрения самые разнообразные процессы. Но метафизики видели здесь еще одну возможность свести эти процессы к одной единственной сущности, рассматривать энергию не как один, хотя всеохватывающий аспект разнообразных явлений, а как единственную реальность, объединяющую все вплоть до психики, которая есть, по Оствальду, ни что иное как одно из проявлений энергии. Это уже прямая уступка идеализму, так как здесь Оствальд «снимает» противоположность материи и сознания, сводя их всецело к энергии⁴³. Тем самым это физическое понятие, по существу, теряет всякий смысл.

Первооткрыватели закона сохранения и превращения энергии, вообще, большинство физиков второй половины XIX века рассматривали этот закон материалистически; энергия для них была одной из характеристик движущейся материи, неразрывно с нею связанная. На примере Герца Ленин показал, что ему (Герцу) «... и не приходит в голову возможность нематериалистического взгляда на энергию. Для философов энергетика послужила поводом к бегству от материализма к идеализму. Естествоиспытатель смотрит на энергию как на удобный способ излагать законы материального движения в такое время, когда физики, если можно так выразиться, от атома отошли, а до электрона не дошли»⁴⁴. Ранкин, Оствальд, Гельм и Дюгем же стали рассматривать энергию в чистом виде, совершенно оторванно от движущейся материи, характеристикой которой она является, это — односторонняя абсолютизация одной из сторон действительности. Отсюда Оствальд приходит к выводу, что понимание природы как движения материи («научный материализм») есть недоказанная гипотеза⁴⁵. Реальное существование атомов Оствальд, как и Мах, категорически отрицал. Правда, после 1911 года, когда существование атомов было экспериментально доказано бесспорным образом, Оствальд, как исключительно честный естествоиспытатель, переменял свои взгляды; что же касается Маха, то в нем физик капитулировал перед путанным философом. Признание реальности атомов — это для Маха «отказ от физического образа мышления»⁴⁶. Энергетики выдвинули

⁴³ См. Оствальд В. *Натурфилософия*. СПб. 1910, стр. 84.

⁴⁴ Ленин В. И. *Сочинения*. т. 14, М., 1952, стр. 271.

⁴⁵ Оствальд В. *ук. соч.*, стр. 66—67.

⁴⁶ Сб. *Новые идеи в философии*, № 2, *Борьба за физическое мировоззрение*, СПб, 1912, стр. 137. Интересно, что на сделанное Эйнштейном в 1923 году замечание, что Мах, если бы он был жив, изменил бы свой взгляд, один из учеников его опровергал это замечание в специальной статье, подчеркивая, что Мах рассматривал атомизм как принципиально опасную (?) с точки зрения теории познания гипотезу. См. В. Brauner. «Einstein und Mach».

девизом ньютоновское «*hypotheses non fingo*», но при этом они, так сказать, передвинули ударение с последнего слова на первое, совершенно извращая тем самым смысл этого высказывания. Модели, как нечто гипотетическое, махистами категорически отвергались. По признанию Абея Рей, «Энергетика скоро признала бесполезность всякого чувственного изображения. Таким образом, слово «энергетика» теперь чаще всего обозначает в научной или философской критике физическую теорию, которая удаляет всякое чувственное изображение (подчеркнуто мною, Л. В.) при исследовании явлений»⁴⁷: Рей дает в своей книге в основном правильную оценку энергетизму как временному явлению в науке, а также вслед за Больцманом доказывает, что и энергетикам не удастся избежать «фигуративных гипотез».

Однако энергетика довольно скоро стала проявлять свою несостоятельность даже в той области, из которой она непосредственно выросла. Она, по существу, ничем не могла заменить статистическую интерпретацию второго закона термодинамики, данную Больцманом на базе атомистической теории.⁴⁸ Но тем не менее, именно в этом пункте предпринимал атаку против физики моделей Г. Гельм.⁴⁹ Представителей атомизма он обвиняет в схоластике. «... если начинают принимать сочиненное представление за сущность вещей, если начинают считать его более ценным, чем опыты, на основании которых его сочинили, то перед ними открывается царство схоластики. И кто отказывается от вполне достаточного описания явлений, как его дает энергетика, кто отказывается от описания, не прибегающего к помощи вымысла, тот стоит на почве схоластики»⁵⁰.

Итак, по Гельму, атомистика — это схоластика, а энергетика — вполне достаточное описание явлений. Выдвигая это положение, Гельм, по-видимому, исходил из принципа — в чем виноват сам, в том обвиняй других. Статистическому пониманию второго начала термодинамики он, как и Оствальд, противопоставляет следующий «закон»: для того, чтобы что-либо произошло в существующих энергиях, должно существовать различие в степенях интенсивности. Кто тут впадает в схоластику, ясно без дальнейших разъяснений.

Специально рассматривает вопрос о роли модельных представлений в физическом познании бельгийский физико-химик и

⁴⁷ Рей А. Энергетическое и механическое миропонимание. СПб, 1910, стр. 35.

⁴⁸ См. Оствальд В. «Натурфилософия», СПб, 1910, стр. 13.

⁴⁹ Гельм Г. «Границы применения в физике механических моделей». Сб. «Новые идеи в философии» СПб, 1912.

⁵⁰ Там же, стр. 174—175.

историк естествознания Пьер Дюгем⁵¹. Мироззрение его непосредственно: он сочетает субъективный идеализм в теории познания с объективно-идеалистической онтологией, близкой к томизму. В этом отношении он отличается от Маха и Оствальда, которые (особенно последний) были атеистами по внутреннему убеждению.

По Дюгему, модели, примененные физиками, ни в коем случае не отражают действительность, а они лишь отправляют внутреннее, чисто психологические надобности тех мыслителей, которые обладают широким, но слабым, неспособным к абстракции и дедукции умом. Разделение на «группы ума» (слабые и широкие; узкие и сильные) среди физиков, по Дюгему, почти точно совпадает с их национальной принадлежностью, причем группу «слабых» составляют английские физики. В построении абстрактной теории, считает он, модели «не дают никакой экономии мышления», поскольку это — дело сильного ума. Дюгем справедливо критикует произвол, провозглашенный В. Томсоном в построении модели, но отсюда он делает совершенно неправомерные экстраполяции на взгляды всех физиков, выступающих против энергетизма. У английских физиков (Дюгем имеет в виду в особенности Максвелла) «порядок и методы отсутствуют как в механических моделях, так и в алгебраической части теории»⁵². Ему и в голову не приходит мысль о том, что математика (алгебраическая часть теории) является чем-то иным, как чистой конвенцией, что и во внутренней структуре математики опосредованно отражается действительность. Дюгем решительно отвергает содержащуюся имплицитно в теории Максвелла мысль о том, что «... ряд знаков, изменения которых, происходящие по правилам алгебры, более или менее верно воспроизводят законы научных явлений»⁵³. Аналогию как метод развития познания Дюгем не отвергает, но он имеет в виду умозаключения по аналогии, а не «модельную аналогию». Последние никогда не ведут к каким-либо открытиям, хотя они возможно окажут некоторую, чисто психологическую помощь слабым умам, ибо «открытия не регулируются никакими твердо установленными правилами»⁵⁴. Дюгем провозглашает интеллектуальный либерализм в научном познании. «...необходимо представить умам сильным свободу питаться абстрактными понятиями и общими принципами, а умам широким обращаться к вещам видимым и осязаемым»⁵⁵. Дюгем формулирует конвенционалистский принцип

⁵¹ Дюгем, П. «Физическая теория, ее цель и строение», СПб. 1910, глава IV. См. тоже.

Duhem, Pierre «Die Wandlungen der Mechanik», Leipzig, 1912, S. 177—190.

⁵² Дюгем, П. «Физическая теория...», стр. 101.

⁵³ Дюгем, П. «Физическая теория», стр. 94.

⁵⁴ Там же, стр. 117.

⁵⁵ Там же, стр. 118.

в теории познания (кстати, идентичный с «принципом терпимости» Карнапа), по которому, «... если руководствоваться исключительно строго логическими соображениями, мы не можем запретить физику выразить различные группы законов или даже одну только группу их посредством нескольких теорий, несовместимых между собой; невозможно осудить отсутствие связи в физической теории»⁵⁶. Этим совершенно «снимается» вопрос об истинности теории; его нет для махиста, ибо ведь независимого от сознания внешнего мира не существует; речь может идти только о согласовании чувственных данных, а это уже внутреннее дело субъекта. Сам Дюгем признается, что эта точка зрения неприемлема для того, кто видит в физической теории объяснение законов мира. Но если же принимают, что «... физическая теория есть лишь система, ставящая себе задачей классификацию группы экспериментальных законов, как это пытались показать мы, то это приемлемо»⁵⁷.

Мах не согласен с явной недооценкой моделей. Отмечая, что Дюгем рассматривает модель как паразитическое явление в науке, он считает, что последний «заходит слишком далеко»⁵⁸. Но это, конечно, не значит, что Мах рассматривает модель как опосредованное отражение реальности. С помощью моделей мы, по Маху, изображаем в наших мыслях последовательно то, что не можем охватить в один прием. Но объектом отражения, изображений являются лишь чувственные факты, а «вспомогательные представления, законы, формулы служат лишь количественным регулятивом моего чувственного представления»⁵⁹ в процессе исследования, т. е. намеренного приспособления мыслей к фактам. Таким образом, и в решении частной проблемы научного познания — проблемы о роли наглядной модели, четко вырисовывается субъективно-идеалистическое решение основного вопроса философии Махом. В этом, как показал Ленин, у Маха буквально ничего нового нет, кроме терминологии. Действительно, Мах лишь повторяет классическую аргументацию субъективного идеализма, восходящую к Беркли: сознание замкнуто в себе, мы не можем выходить из сферы наших ощущений, представлений, мыслей, а поэтому последние и следует рассматривать как единственный объект познания. Нет никакого выхода в мир реальных вещей — вот мысль, настойчиво подчеркиваемая и Пирсоном в «Грамматике науки». Мах, Пирсон и К° оперируют лишь субъективными образами, причем предполагают молча, что реальные вещи совершенно непричастны к возникновению субъективных образов. Но потом эта же мысль

⁵⁶ Дюгем, П. «Физическая теория», стр. 120.

⁵⁷ Дюгем П., «Физическая теория», стр. 120.

⁵⁸ Там же, предисловие, стр. 3—4. См. тоже: Э. Мах, «Механика», пер. Котляра, добавл. 2, стр. 429.

⁵⁹ Мах Э. «Научно-популярные очерки», М. 1901, стр. 143.

ими преподносится как вытекающее из рассуждения. Получается, что материя — это «некоторая закономерная связь элементов» (т. е. ощущений)⁶⁰. Это — еще шаг вправо по сравнению с трактовкой понятия материи в позитивизме Милля.

Детальное распространение махистской концепции на теоретико-познавательную проблематику естествознания проводилось признанным учеником Маха Г. Клейнпетером в работе «Теория познания современного естествознания»⁶¹. Клейнпетер — самый последовательный берклианец, сам признающий себя (и Маха) солипсистом. Он яростно атакует стихийный материализм естествоиспытателей Гельмгольца и Герца. Он строит китайскую стену между гипотезой и теорией, объявляя первую чисто субъективной⁶². Такая оценка гипотезы, даже если она была бы правильной, кажется, по крайней мере, странной, если она исходит от Клейнпетера. Ведь по его мнению, явления природы «... те же самые психические переживания, которые разыгрываются (abspielen sich) и без нашего участия»⁶³...

При таком понимании процесса познания понятие «субъективное» уже не может иметь никакого смысла, поскольку это — понятие соотносительное, а его противоположность — объективное — Клейнпетером не признается.

Сведение физической теории только к «фактам опыта», понятым в духе махизма, настолько обедняет содержание теории, что такая трактовка не принимается всерьез большинством естествовников. Попытку более солидного истолкования основ теории точных наук путем введения априоризма предпринимал неокантианец Кассирер. Возражая Маху, он говорит, что любая попытка трактовать естественнонаучные понятия как только агрегаты созерцаемых фактов, непременно терпит неудачу. Естественнонаучная теория, по Кассиреру, покоится не непосредственно на фактах, а на идеальных границах, введенных нами в явления в качестве «познавательных реперов». Это происходит путем противопоставления непосредственным ощущениям гипотетической предельной модели (идеальный газ, идеальная жидкость и т. д.)⁶⁴. По мнению Кассирера, физика лишь воплощает идеи, существующие в математике, а последние по своей природе априорны⁶⁵. Такой подход лишает его возможности решить проблему соотношения модельной и феноменологической теории, поставленной им. Эта проблема актуальна и в настоящее время. Она, вообще говоря, может рассматриваться в двух

⁶⁰ Мах, Э. «Научно-популярные очерки», М. 1901, стр. 152.

⁶¹ Kleinpeter, H. Die Erkenntnistheorie der Naturforschung der Gegenwart. Leipzig, 1905.

⁶² Ук. соч., стр. 126.

⁶³ Там же, стр. 124.

⁶⁴ Cassirer, E. Substanzbegriff und Funktionsbegriff, Berlin, 1910, S. 172.

⁶⁵ Там же, стр. 267.

аспектах: 1) как проблема соотношения двух форм движения материи, причем одна непосредственно базируется на другой, но не сводится к ней; 2) как проблема соотношения явления и сущности. Однако мы не будем останавливаться на этих вопросах, поскольку в марксистской литературе в последнее время они уже являлись объектом серьезных исследований⁶⁶.

В борьбе энергетизма с «физикой моделей» махизм выдвинул концепцию «чистого описания», продолжателями которой в настоящее время являются представители неопозитивистского направления. Эта концепция приводит логически неизбежно к отрицанию объективности результатов человеческого познания, к конвенционализму. Пуанкаре, рассматривая попытки построения механической теории эфира для объяснения электромагнитных явлений, писал: «Существует ли эфир или это слово ничего не значит — оставим этот вопрос метафизикам: для нас существенно только то, что все происходит так, как если бы он существовал, и что эта гипотеза оказывается пригодной для описания явлений. В конце концов, имеем ли мы какие-либо другие основания верить в существование материальных тел? Это тоже только удобная гипотеза»⁶⁷. Известно, как губительно действовали эти неправильные философские воззрения Пуанкаре на его работы. Он в основном построил математический аппарат теории относительности, но рассматривал это как чисто формальное описание, а не отражение самой объективной действительности. Поэтому действительное содержание полученных им формул так и осталось закрытым от взора Пуанкаре. Против концепции чистого описания выступили материалистически настроенные физики; решительно отверг ее, например, Лармор. Характеризуя положение в теоретической физике и наступление идеализма на рубеже XIX и XX столетия, Лармор писал: «В последнее время наблюдается рост убеждения, отчасти вдохновляемого общепhilosophическими воззрениями, убеждения в том, что построения физики в значительной степени искусственны, что вместо того, чтобы представлять истинную картину явлений, на которой мог бы обосновываться дальнейший прогресс науки, они являются чем-то едва ли ценнее миража...»⁶⁸

Концепция чистого описания впервые выдвигалась Клодом Бернаром и Кирхгофом. По словам последнего, задача науки состоит в том, чтобы описать происходящие в природе явления наиболее полным и в то же время наиболее простым образом, но

⁶⁶ См. Салосин В. Т. «Проблема прерывности и непрерывности в современной физике». Уч. записки Саратовского гос. университета, т. XII, 1958, стр. 85; Чендов Б. «Върху ролята на феноменологичното изучаване на физическите явления и критика на феноменализма въ физиката». Труды Висшего икономич. ин-т, София, 1960 кн. 1, стр. 369—402.

⁶⁷ Цит. по книге: Лодж О. Д. Непрерывность. С. Петербург, 1914, стр. 24.

⁶⁸ Там же, стр. 15.

отнодью не в том, чтобы искать каких-то метафизических объяснений. Эта установка на феноменологизм сразу же была подхвачена махистами и продолжает в настоящее время свою жизнь в форме: «sense — data» — теорий неопозитивизма. До крайности эта концепция была доведена в фикционализме. Родоначальником этой линии крайнего субъективизма в философии был Г. Файхингер (1852—1933). Поскольку на критику этого отнюдь не безвлиятельного направления до сих пор обращалось недостаточно внимания (даже «История философии» обходит его молчанием!), то мы остановимся коротко на критике фикционалистической теории познания и понимания ею роли моделей. Фикционализм (философия «как если бы») выросла из синтеза неокантианства с позитивизмом. Файхингер создал журнал «Annalen der Philosophie», который был предшественником органа неопозитивизма «Erkenntnis». Его философия — самый неприкрытый идеализм и агностицизм. Задача мышления, по Файхингеру, — борьба за сохранение организма, но не посредством истинного отражения мира (что он считает невозможным), а путем создания различного рода фикций (абстрактивных, схематических, парадигматических, утопических, символических и т. д.). Файхингер ориентирует естествоиспытателя в своих экспериментах и рассуждениях действовать «как если бы» существовал внешний мир, что является «одной из полезных фикций». Представляемый нами мир, по Файхингеру, «не является картиной действительного бытия, даже не его символом, а лишь знаком для расчета, только вспомогательным образованием.»⁶⁹

Модели, по Файхингеру, являются «схематическими фикциями»⁷⁰, вместе с такими фикциями как «материя», «атом» («абстрактивные фикции») она не имеет ни малейших притязаний на фактичность. В отличие от гипотезы, вопрос об истинности фикции, по Файхингеру, бессмыслен. Но как же такое «фальсифицирование действительности», как построение модели приводит нас к практическим результатам? Дело в том, что и само научное знание не имеет никакой познавательной ценности, а истина — это лишь «целесообразное заблуждение»⁷¹. Хотя мы знаем, что наши понятия не соответствуют действительности, мы их рассматриваем, как если бы они соответствовали — вот точка зрения Файхингера. Распространение его философских концепций — один из признаков разложения и глубокого упадка буржуазной эпистемологии.⁷² Фикционализм имеет последователей и в настоящее время. Наиболее известный из них —

⁶⁹ H. Vaihinger. Die Philosophie des Als-Ob, System der theoretischen, praktischen und religiösen Fiktionen der Menschheit auf Grund eines idealischen Positivismus», 2 Aufl., 1913, S. 89.

⁷⁰ Там же, стр. 36.

⁷¹ Там же, стр. 192.

⁷² Цитированный нами основной труд Файхингера выдержал уже более десяти изданий.

шведский философ Альф Нюман (Alf Nyman). В своей книге «Эксперимент, его предпосылки и границы», которая вышла в 1953 году в Упсала, Нюман «доказывает» совсем в файхингеровском духе, что в науке применимы все рассуждения, независимо от степени искажения ими действительности.

Верно, конечно, что и отрицательные результаты, получающиеся при попытке объяснить явление при помощи той или иной модели, имеет некоторое познавательное значение наряду с положительными результатами⁷³. Например, в создании квантовой механики исключительно важную роль играла наглядная модель Резерфорда-Бора, которая, с одной стороны, вытекала довольно однозначно из имеющихся экспериментальных данных, а с другой стороны, оказалась неспособной объяснить структуру атомных спектров и квантованность переходов между устойчивыми состояниями атома. Это и привело к успешной попытке ревизии основных концепций механики в микромире. История применения воображаемых моделей в физике есть в то же время и история отказа от них. В более совершенной теории старая модель сохраняется в «снятом» виде; из нее устраняются неадекватные с действительностью элементы. Но как односторонние, так и совсем неверные модели имеют некоторое познавательное значение — мы узнаем, в каком направлении не следует вести поиски. Необходимо при этом иметь в виду, что ограничение разнообразия дальнейших поисков, даваемое неверной моделью или гипотезой, намного меньше того, которое получается в случае более-менее адекватной модели. Фикционалисты же, вроде Нюмана, не учитывают этого важного факта, объявляя все теории и модели равноценными.

Итальянский «критический позитивист» Ф. Энрикес дает, наряду с интересным и обширным изложением состояния науки⁷⁴ на рубеже XIX—XX столетия, и субъективно-идеалистическую трактовку ее гносеологических основ. Он специально останавливается и на проблеме моделей⁷⁵. Их роль он сводит к «внушающим свойствам», отрицая их соответствие действительности.

На проблемах идеалистического истолкования теории относительности, в частности, на проблеме возможности моделей в рамках этой теории, сосредоточил свои усилия небезызвестный И. Петцольдт. Он один из тех, кого имел в виду Ленин, говоря об идеалистах, «уцепляющих за Эйнштейна». Это «уцепление» ему в известной мере и удалось, так как его философская позиция довольно гибка и эклектична. Теория относительности так

⁷³ См. напр. G. Klaus, «Die Rolle des Modells in der Kybernetik, «Forum», nr. 42, 1960.

⁷⁴ Enríques, F. «Probleme der Wissenschaft», I—II, Berlin und Leipzig, 1910.

⁷⁵ Ук. соч., II часть, стр. 540—545.

пленяет Петцольдта, что он оставляет «философию чистого опыта» и переходит к «релятивистическому позитивизму»⁷⁶. Он прикидывается «защитником» теории относительности, которая, как известно, подвергалась в это время нападкам с самых различных позиций.⁷⁷ В частности, Петцольдт выступил против механистов, крайних представителей эмпирической школы Ф. Ленарда,⁷⁸ И. Штарка, Э. Кона, М. Якоба и Г. Витте, которые попытались возродить эфирную гипотезу в еще более фантастичном виде, чем конструкции Кельвина и Мак Куллоха в 70-ых годах XIX столетия. Борьба Ленарда и Штарка против теории относительности позднее уже полностью выходила за рамки научного спора и приобретала характер гнусного шовинистского гонения (борьба «немецкой физики» против «еврейской»). Петцольдту было не по пути с механистами. В своих трудах⁷⁹ он решительно стал на сторону теории относительности, — но ни в коем случае не на сторону материализма. Петцольдту теория относительности импонирует тем, что она, по его мнению, обосновывает не только относительность движения (это Петцольдта мало интересует), но и теоретико-познавательный релятивизм. «Полная красота и величие теории относительности выражается в том, что она полностью преодолела абсолютное»⁸⁰. Это преодоление абсолютного понимается Петцольдтом в абсолютном смысле; в частности, оно включает и абсолютность пространства и времени как непреложных, всегда присущих материи форм ее бытия. В статье, посвященной доказательству невозможности механических моделей для наглядного представления теории относительности⁸¹, он излагает такое толкование роли «наблюдателя», связанного с системой отсчета, что физическая объективная относительность сводится к субъективности. Отдельные системы отсчета «так полностью разделены друг от друга, как две лейбницевских монады»⁸². Опять то же самое — уничтожение абсолютного, такое близкое сердцу Петцольдта. Вряд ли нужно дока-

⁷⁶ Новое издание своей книги *Das Weltproblem von positivistischem Standpunkte aus*» (Leipzig, 1906) переделанное и приправленное субъективистским истолкованием теории относительности, Петцольдт озаглавил уже так: «*Das Weltproblem von Standpunkte des relativistischen Positivismus aus*» (Leipzig und Berlin, 1924).

⁷⁷ См. Поликаров А. «Из истории борьбы вокруг теории относительности». Сб. «Философские вопросы современной физики», М. 1959.

⁷⁸ См. Ph. Lenard «Über Äther und Uräther», Leipzig, 1922

⁷⁹ См. Petzoldt, J. «Die Relativitätstheorie der Physik». *Zeitschrift f. positivistisch. Philosophie*, 1914, S. 30 ff: «Kausalität und Relativitätstheorie», *Zeitschrift für Physik*, 1920, S. 467 ff.

⁸⁰ Petzoldt, J. «Verbietet die Relativitätstheorie Raum und Zeit als etwas Wirkliches zu denken?» *Verhandlungen d. Deutschen Physikal. Gesellschaft*, 20, 1918, S. 193.

⁸¹ Petzoldt, J. «Die Unmöglichkeit mechanischer Modelle zur Veranschaulichung der Relativitätstheorie», *Verhandlungen d. Deutschen Physikal. Gesellschaft*, 1919, 21, S. 495—500.

⁸² Там же, стр. 497.

зывать в настоящее время ошибочность этих положений. Теоретико-познавательный релятивизм не имеет никакого отношения к теории относительности, кроме чисто этимологического. Теория относительности сочетает как относительное, так и абсолютное (релятивистские инварианты; также совокупность всех возможных систем отсчета в специальной теории относительности есть нечто абсолютное).

Что же касается моделей, то с разумными ограничениями они вполне применимы как в специальной, так и в общей теории относительности, как в целях дидактических, так и в целях облегчения взаимопонимания в обмене мнениями, возможно, и в целях развития познания. Вот одна из таких моделей, предложенная Л. Инфельдом и Э. Плебаньским⁸³ как иллюстрация способа сопоставления событиям в произвольной системе координат событий в галилеевой системе координат: Представляется жесткая плоскость, из которой исходят проволоки, оканчивающиеся на другой резиновой плоскости. Можно менять и деформировать резиновую пленку, жестко закрепив первую плоскость и концы проволок на ней. Аналогия тут очевидна: жесткая плоскость играет роль галилеевой системы координат, резина — роль системы координат в римановом многообразии, проволоки — роль световых лучей, а деформация резиновой пленки — роль изменения системы римановых координат.

Итак, Петцольдта теория относительности интересовала прежде всего как новая область для развертывания идеалистических спекуляций в старом махистском духе. Петцольдт, в отличие от самого Маха, считал, что теория относительности не только не противоречит идеям Маха, а является непосредственным их продолжением, «плодом его мыслей»⁸⁴. В руках Петцольдта махизм являлся более жизнеспособным, так как он искусно приспособлялся к новым физическим идеям и стал паразитировать на них. Б. Рассел как-то раз заметил по этому поводу, что у многих философов есть тенденция интерпретировать работу Эйнштейна в согласии со своей собственной метафизической системой и считать, что в результате этой интерпретации значительно укрепляются те взгляды, которые этот философ уже имел⁸⁵. Эта характеристика как нельзя лучше подходит к Петцольдту. Кстати, и сам лорд Рассел имеет некоторый личный опыт в указанном им «интерпретировании», что, возможно, облегчило ему сделать такое, безусловно, правильное замечание в духе хорошего английского юмора⁸⁶. После больших успехов,

⁸³ Инфельд Л., Плебаньский Е. «Движение и релятивизм», М. 1962, стр. 124.

⁸⁴ Petzoldt, J. «Die Stellung der Relativitätstheorie in der geistigen Entwicklung der Menschheit». 2 Auflage, Berlin, 1923.

⁸⁵ См. Франк Ф. Философия науки, М. 1960, стр. 284.

⁸⁶ См. Russell, B. The ABC of Relativity, Cambridge, 1925.

и в то же время значительных неудач теории атома Резерфорда. Бора, и эта область стала ареной идейной философской борьбы. С точки зрения рассматриваемой в этой работе проблемы представляет интерес статья некоего Шульца о моделях атома⁸⁷. Статья эта написана как раз в период возникновения квантовой механики (о которой автору неизвестно). В этой работе отчетливо наблюдается старый идеалистический прием — спекуляция на временных трудностях научной теории.

Шульц начинает с того, что провозглашает полный волюнтаризм в теории познания. Представления философа и физика об атоме совершенно различны и даже противоречивы. Философа, по мнению Шульца, интересует лишь то, какая из моделей является наиболее простой, ясной, непротиворечивой и представляемой; физик выбирает ту модель, которая наиболее удобна для математической трактовки. «Каждый выдвигает картину, наиболее подходящую для своих целей — и с полным правом»⁸⁸. Этим Шульц подготавливает почву для следующих спекулятивных рассуждений, оправдывая их уже наперед. Шульц указывает на открытые физикой противоречивые свойства атома: в одних опытах (по-видимому, имеются в виду опыты по рассеянию α -частиц) атом ведет себя как проникаемая (*durchlässige Bau*), другие же опыты противоречат этому. Из этой «антиномии атомной теории» Шульц делает вывод о том, что модель Резерфорда-Бора не имеет никакого отношения к строению реального атома, а она произвольная конструкция, ценная лишь тем, что допускает математическую трактовку. Эта модель, по Шульцу, «чистая фикция в смысле Файхингера»⁸⁹, т. е. нельзя полагать, что атомы в действительности планетарные системы; но в оптике можно рассуждать так, как если бы они были таковыми. Он ссылается еще на то, что эта модель никак не может объяснить сил сцепления в твердых телах. Такое утверждение не совсем правильно; оно свидетельствует о том, что Шульц несведущ в рассматриваемых им вопросах⁹⁰.

Шульц пытается дать совершенно умозрительную схему структуры материи из «философских атомов» и «атомов эфира», образующих «иерархию капсулей», напоминающих эпициклы в системе Птолемея. Оговаривая, что он не будет «утомлять читателя приложением этой конструкции на многие таинственные еще явления», Шульц подчеркивает, что его модель значительно лучше боровской, только она не может быть заложена в ма-

⁸⁷ Schultz, J. «Atommodelle» *Annalen der Philosophie*, VI 1927, S. 205—230.

⁸⁸ Там же, стр. 207.

⁸⁹ Там же, стр. 217.

⁹⁰ См., например, M. Born, A. Lande. «Kristallgitter und Bohrsches Atommodelle», *Verhandlungen d. Deutsch. Physikal. Gesellschaft*, 20, 1918, S. 202—216.

тематические формулы. Поэтому физики и в дальнейшем будут пользоваться моделью Бора, но его модель «объединяет различные области человеческого знания, а это — дело философа». Единственно рациональным моментом в трактовке Шульца является подчеркивание противоречивости атома как объекта исследования. Но для метафизика и идеалиста Шульца противоречие есть нечто такое, что следует «устранить»; по его мнению, противоречия проявляются лишь в субъективном плане⁹¹. Ему и в голову не приходит, что в ходе познания снимаются логические противоречия, но сохраняются противоречия объективного мира, неадекватным и первоначальным отражением которых являются возникающие в теории логические противоречия.

Ленин показал, что махистские концепции в естествознании открывают дорогу прямому неприкрытому фидеизму, независимо от того, хотят ли этого идеалистические естествоиспытатели или не хотят. А. Пуанкаре, например, стыдился идти в ногу с фидеистами и при их натиске, по словам Ленина, «... спасается под крылышко материализма»⁹². Но были и попытки сочетать субъективно-идеалистическую гносеологию с объективно-идеалистической онтологией. Примером этого могут служить работы итальянского философа А. Алиотты, в том числе, книга «Идеалистическая реакция против науки», на которую обратил внимание и В. И. Ленин⁹³. Одна из глав этой книги посвящается рассмотрению роли моделей в познании, причем они, по-видимому, трактуются объективно-идеалистически⁹⁴. Выход из критикуемого им механицизма Алиотта усматривал в энергетизме, в том, что Оствальд «заменял атомную теорию своей теорией энергии, и Дюгем сформулировал теорию, по которой различные виды энергии сохраняются как несводимые качества»⁹⁵. Отрывая чувственное познание от его источника, Алиотта приходит к выводу, что наука есть одна из разновидностей религии, так как вера коренится в той же науке, которая хотела бы противопоставить себя религии⁹⁶. На словах критикуя католический экзистенциализм, Алиотта смыкается с ним в онтологических проблемах, и в результате получается счастливый синтез «экспериментального релятивизма с христианским спиритуализмом»⁹⁷.

⁹¹ См. Schultz, J. ук. соч., стр. 207 и 225—230.

⁹² Ленин В. И. Сочинения, т. 14, 1952, стр. 279.

⁹³ См. Ленин В. И. Сочинения, т. 38, 1958, стр. 399.

⁹⁴ Aliotta, A. «Idealistic Reaction against Science», London, 1914, part II, chap. V.

⁹⁵ Aliotta, A. «Science and Religion in Nineteenth Century», N. Y., 1955, p. 158.

⁹⁶ См. Юлина Н. С., Михаленко Ю. П., Садовский В. Н. «Некоторые проблемы современной философии». М. 1960.

⁹⁷ Domenico, G. «Il relativismo sperimentale di Antonio Aliotta», Roma, 1955, 144.

Фидеисты, конечно, не надеялись только на свихнувшихся в идеализм естествоиспытателей, а попытались и собственными силами истолковать новые данные науки в религиозном духе. Примечательна в этом отношении книга махрового русского фидеиста Тарасова⁹⁸. Он изо всех сил старается обратить новые открытия физики против материалистического мировоззрения. С его точки зрения после открытия радиоактивности с материализмом покончено раз и навсегда, так как «материалистическое мирозерцание очень нуждалось в каком бы то ни было указании на вечность вещества»⁹⁹. Из закона возрастания энтропии Тарасов выводит необходимость бога как перводвигателя; бог этот «ненагляден» по своей природе, так как человек «приспособлен к вещественным образам». Это новое физическое доказательство бога он ставит наряду с онтологическим доказательством Ансельма Кентерберийского. А если кто не берет на веру это доказательство, полученное в результате «трудного, но беспристрастного исследования реальности», то он просто «не интересуется причинами вещей, не понимает и не знает науки».¹⁰⁰

Атаки идеалистов разных мастей против стихийного материализма большинства физиков заставили последних защищать свою точку зрения. Но метафизическая ограниченность их взглядов, не допускающая последовательно материалистической интерпретации новых открытий, а иногда и неискушенность в философских рассуждениях оставляли их усилия часто малорезультативными. Так, например, на материалистической в основном точке зрения стояли П. Фолькманн и В. Фойгт. Первый из них рассматривая понимание модели современными ему физиками¹⁰¹, даже не умеет поставить проблемы о противоположности материалистического и идеалистического их понимания. Он просто идет на поводу у Дюгема, повторяя его концепцию о французском (безмодельном) и английском (модельном) духе в физической теории. Тривиальным, чисто внешне-описательным является рассмотрение этой проблемы и Фойгтом¹⁰².

Более последовательным материалистом и неплохим знатком философии был М. Планк. Он вел активную борьбу против махизма и неопозитивизма. Теорию познания Маха Планк рассматривал как своеобразную реакцию на преувеличенные ожидания механицизма, как «философский осадок неизбежного отрезвления». По мнению Планка, «системе Маха чужд признак

⁹⁸ Тарасов И. Д. «Три вновь открытых закона». Екатеринослав, 1906.

⁹⁹ Ук. соч., стр. 66.

¹⁰⁰ Там же, стр. 79.

¹⁰¹ Volkman, P. Erkenntnistheoretische Grundzüge der Naturwissenschaften. Leipzig und Berlin, 1910, S. 94—97.

¹⁰² Voigt, W. «Über Arbeitshypothesen». Göttingen Nachr. Gesellsch. Mitteilungen, 1905, S. 98—116.

всякого естественно-научного исследования — стремление найти постоянную картину мира».

Мировоззрение Планка и его борьба с махизмом уже обстоятельно рассматривались в советской философской литературе¹⁰³. Меньшее внимание было уделено анализу взглядов Людвиг Больцмана. Он был горячим и последовательным борцом за материализм в физике. Его выступления против махизма положительно оценивались Лениным.

Больцман хорошо понимал опасность потери действительности за математическими формулами. Как известно, В. И. Ленин видел в этом одну из гносеологических причин «физического» идеализма. Больцман прямо ставит вопрос о том, как избежать того, «... чтобы при постоянном углублении в теорию ее образ (т. е. образ действительности Л. В.) не начал казаться собственно бытием»¹⁰⁴. Иной математик «... непрерывно занимаясь своими формулами, бывает ослеплен их внутренним совершенством, начинает считать собственно сущим их взаимоотношение друг к другу и отворачивается от реального мира»¹⁰⁵.

Больцман считал, что дифференциальные уравнения представляют лишь математический метод вычисления, а их подлинный смысл в области термодинамики можно понять только с помощью атомистических модельных представлений, которые делают содержание теории наглядным и «... способствуют углублению нашего познания природы, причем не вопреки, а именно благодаря тому, что они не во всех пунктах совпадают с общей термодинамикой, они открывают возможности новых точек зрения».¹⁰⁶

Разрабатывая статистическое истолкование второго начала термодинамики, Больцман, в силу реальной диалектики мира, близко подошел к пониманию диалектической, неразрывной взаимосвязи необходимости и случайности. Вообще, Больцман в какой-то мере понял порочность метафизического образа мышления, его неприменимость к новым открытиям науки. Он считал необходимым переход к новому образу мышления, к новой философии¹⁰⁷, которая соответствовала бы требованиям развития науки. Такая философия — диалектический материализм — уже существовала, но в силу социальных обстоятельств она была неизвестна физикам того времени, хотя необходимость в ней ощущалась выдающимися учеными. По словам Ленина, физика делает шаг от метафизического материализма к диалектическому, «... но она идет к единственно верному мето-

¹⁰³ См. Кузнецов И. В. «Основные идеи в творчестве Макса Планка». Сб. Философские вопросы современной физики, М., 1959.

¹⁰⁴ Больцман Л. «Очерки методологии физики», М. 1929, стр. 33.

¹⁰⁵ Там же, стр. 34.

¹⁰⁶ Больцман Л. «Лекции по теории газов», М. 1954, стр. 524.

¹⁰⁷ См. Кудрявцев П. С. История физики, М. 1956, стр. 109.

ду и единственно верной философии естествознания не прямо, а зигзагами. . . Современная физика лежит в родах. Она рождает диалектический материализм»¹⁰⁸. Кризис физики был явлением, которое заходило глубже частных трудностей в теории определенной группы явлений. Это был кризис мировоззрения, метафизического образа мышления в результате выхода познания за пределы того ограниченного опыта, который был практической основой метафизического материализма.

В этой связи следует коротко охарактеризовать взгляды Г. Герца. Как мы уже видели, Герц отрицательно относился к попыткам сведения теории Максвелла к механическим моделям. Будучи крупнейшим экспериментатором-исследователем электромагнитного поля, он, по-видимому, догадался, что это — качественно новый вид материи, закономерности которого несводимы к механическим моделям.

Это не значит, что Герц вообще относился отрицательно к моделям. Он сам вводил в механику скрытые параметры, носителем которых считал мировой эфир, который он наделяет свойствами обычной, «инертной материи». Идея Герца была в создании новой механики, на основе которой немеханические процессы сводились бы к эффекту скрытых движений и скрытых масс. В своих «принципах механики» он посвящает специальный раздел динамическим моделям и условиям подобия динамических систем.¹⁰⁹

Интересно, что Герц относит сказанное им не только к вещественным моделям, но и к моделям воображаемым. «Отношение динамической модели к системе, моделью которой она считается, такое же, как отношение образов, которые создает наш ум о вещах, к самим вещам. Именно, если мы будем рассматривать состояние модели как отображение состояния системы, то следствия отображения, которые должны наступить по законам этого отображения, будут одновременно отображением следствий, которые должны появиться у первоначального предмета по законам этого первоначального предмета. Соответствие между умом и природой может, таким образом, сравниваться с соответствием между двумя системами, которые являются моделями одна другой, и мы можем даже дать себе отчет об этом соответствии, если примем, что ум имеет способность образовывать действительные динамические модели вещей и оперировать ими»¹¹⁰. Перед нами изложенное в плане стихийно-материалистической теории познания понимание изоморфизма отношений между объективным миром и сознанием. Это лишний раз подтверждает необоснованность попыток как кантианцев, так и

¹⁰⁸ Ленин В. И., Сочинения, т. 14, М. 1952, стр. 299.

¹⁰⁹ См. Герц Г., «Принципы механики, изложенные в новой связи», М. 1959, стр. 189—192.

¹¹⁰ Ук. соч., стр. 192.

махистов зачислить Герца в «свои», с намерением использовать имя крупного физика в целях своих реакционных философских спекуляций. Ленин беспощадно разоблачал такие попытки в своей книге «Материализм и эмпириокритицизм». Он пишет: «Этот курьезный спор о том, чей Герц, дает хороший образчик того, как идеалистические философы ловят малейшую ошибку, малейшую неясность в выражении у знаменитых естествоиспытателей, чтобы оправдать свою подновленную защиту фидеизма. На самом деле, философское введение Г. Герца к его «Механике» показывает обычную точку зрения естествоиспытателя, напуганного профессорским воем против «метафизики» материализма, но никак не могущего преодолеть стихийного убеждения в реальности внешнего мира»¹¹¹.

Глубоко понимал неразрывную связь логического и чувственного в физическом познании великий русский физик Н. А. Умов. Построение модели Умов рассматривает как необходимый прием в познании явлений, недоступных непосредственному чувственному созерцанию. Правда, он при этом не смог преодолеть ограниченность метафизического материализма. Примерно до 1900 года он верил в возможность построения чисто механической картины мира. Задача физики, по мнению Умова, — представление явлений с помощью простейших механических моделей.¹¹² В указанный период Умов был приверженцем картезианской картины мира. Однако это не старое картезианство. Умов считал, что на основе ньютоновской механики построение картины мира в духе Декарта не удастся¹¹³. Он высказал мысль, что изучение мира атомов открывает перед нами закономерности нового типа. Как мы знаем, это так и было; на базе квантовой механики возникли попытки некоторого возрождения идеи Декарта (Вижье, например, специально подчеркивает это). Можно полагать, что Умов отчасти предвосхитил эти идеи.

«Чем бы человек не мыслил, — писал Умов, — идеями или образами действительности, как те, так и другие имеют одно общее происхождение — область чувствований... Нашим делом является создание картин, движущихся панорам, фигур, образов, короче — составление или умственное построение моделей существующего и совершающегося, не противоречащих друг другу, а связанных между собой»¹¹⁴. При этом модели рассматривались им не как произвольные проявления активности сознания, а материалистически, как «... более или менее удачный отклик существующего, соответствующий или не соответствующий вещам, которые имели в виду при их построении»¹¹⁵.

¹¹¹ Ленин В. И. Сочинения, т. 14, стр. 270—271.

¹¹² См. «Очерки развития основных физических идей», М. 1959, стр. 261.

¹¹³ См. Умов Н. А. Сочинения, т. III, 1916, стр. 115.

¹¹⁴ Там же, стр. 226.

¹¹⁵ Там же.

Однако открытия, которые вели к кризису физики, не были до конца поняты Умовым. В последний период своей жизни он в ряде вопросов допустил уступки идеализму. Это отражалось и в его взглядах на природу моделей. В одной из своих поздних работ он говорит, что модели не представляют собой отражение реальных явлений, а только имитацию открытых в них соотношений. Эта мысль сама по себе правильная, ибо модели действительно не являются прямыми копиями действительных вещей, а идеальными воспроизведениями некоторых их аспектов и внутренних соотношений. Но поскольку Умов добавляет, что «... модели представляют ряд условных символов...», ничего не говорящего нашему чувству и воображению...»¹¹⁶, то он допускает две неточности. Во-первых, он лишает воображаемую модель наглядности, которая является неразрывным существенным свойством модели. Во-вторых, он по существу повторяет известную ошибку Гельмгольца, отождествляя отображение действительности с условным знаком. Ленин писал по этому поводу: «Бесспорно, что изображение никогда, не может сравниться с моделью, но одно дело изображение, другое дело символ, условный знак. Изображение необходимо и неизбежно предполагает объективную реальность того, что «отображается». «Условный знак», символ, иероглиф суть понятия, вносящие совершенно ненужный момент агностицизма»¹¹⁷ (последнее подчеркнуто мною Л. В.). То, что разрушение механистической картины мира толкало великого физика к уступкам агностицизму, явствует и из его рукописного наследия¹¹⁸. Но эти идейные колебания, вызванные «крутой ломкой старых установившихся понятий» (Ленин) не изменяют положительной оценки мировоззрения великого физика, страстного борца против фидеизма и мистики.

Одним из оживленно дискутируемых вопросов в начальный период кризиса физики была проблема неоднозначности механической модели. Как мы уже видели, модели, на которых основывались уравнения Максвелла, могли быть избраны из довольно широкого класса моделей. Этим была поставлена под сомнение ценность механического объяснения явлений электромагнетизма. В 1890 году Пуанкаре пришел к заключению, что, если построена одна механическая модель, описывающая известную совокупность физических фактов, то можно построить бесчисленное множество моделей, равноценных первоначальной. Найти механическую модель какого-нибудь (механического или немеханического) явления, по Пуанкаре, значит вообразить такую механическую систему (систему материальных точек), коор-

¹¹⁶ См. Умов Н. А. Сочинения, т. III, 1916, стр. 248

¹¹⁷ Ленин В. И. Сочинения, т. 14, стр. 223.

¹¹⁸ См. «История и методология естественных наук», I, М. 1960, стр. 138—139.

динаты которой $q_1, q_2 \dots q_k$ некоторым образом связаны с параметрами $p_1, p_2 \dots p_k$ (измеряемые величины, относящиеся к объекту-оригиналу) из уравнений движения которой можно вывести, пользуясь соотношениями, связывающими p и q , уравнения, тождественные с экспериментальными законами.¹¹⁹ Но такое совпадение само по себе еще не значит, что найдено объяснение, тождественное с объясняемым по содержанию. Пуанкаре доказал, что может существовать неограниченное множество механических моделей с иными координатами, также дающих уравнения, совпадающие с опытными данными.

Этот неожиданный результат был сильным ударом по механицизму, нанесенным в период его расцвета. Однако рассуждения Пуанкаре не были вполне безупречны; кроме этого, он ограничился рассмотрением таких механических систем, в которых координаты и импульсы могут быть выражены в виде функций экспериментально измеряемых параметров. Это ограничение подрывало убедительность и тех теоретико-познавательных выводов, к которым пришел Пуанкаре, исходя из указанного результата (к этому мы еще вернемся).

Вывод о неоднозначности механической модели не мог быть распространен, например, на статистическую термодинамику, так как экспериментально измеряемые термодинамические параметры состояния системы не зависят от координат отдельных молекул. Русский физик В. А. Михельсон доказал указанную теорему в более общем виде.¹²⁰ Михельсон пришел к заключению, что, если какое-либо явление или группа явлений допускает хоть одну механическую модель, то возможно, кроме того, бесчисленное множество эквивалентных моделей того же явления. Это относится и к идеальному случаю изолированной консервативной системы. Остановливаясь на теории световых явлений Френеля, Неймана, Саррау и Томсона, Михельсон доказывает их физическую эквивалентность.¹²¹

Неоднозначность механического объяснения истолковывалась Пуанкаре в духе конвенционализма как возможность свободного выбора того или иного варианта теории, как отсутствие объективной обусловленности человеческого знания. Но дело в том, что на каждой ступени развития нашего знания элементы физической теории, вообще говоря, определяются с точностью до изоморфизма, а это значит, что модель может быть выбрана из определенного класса, элементы которого в пределах данного уровня знания эквивалентны. Наличие множества таких относительно равнозначных моделей вытекает из общей взаимосвя-

¹¹⁹ Poincaré, H. «Electricité et optique», I, Paris, 1890, Introduction.

¹²⁰ См. Михельсон В. А. «О многообразии механических теорий физических явлений». Собр. соч., I, М. 1930, стр. 360—372. (впервые напечатано в 1891 году).

¹²¹ Там же, стр. 366.

зи явлений, в силу чего некоторое избранное явление может быть до определенного уровня сопоставлено со многими другими явлениями. Но само это тождество в пределах данного класса моделей (на данном уровне познания) не есть тождество абстрактное, а такое, которое содержит в себе и различие.

По мере углубления познания, приближения его к специфическим, индивидуальным свойствам изучаемой группы явлений, возможности их отображения на других системах, как моделях, сокращаются. Но это не значит, что мы можем таким образом доходить до полного изоморфизма оригинала и модели во всех отношениях¹²². Возможно (и часто бывает), что та область явлений, на которой базируется модель, будет исчерпана, что вынуждает нас переходить к моделям-гибридам. Так, например, отображение квантовых объектов в механических моделях возможно лишь в виде дополнительных (корпускулярных + волновых) моделей.

Пуанкаре распространял конвенционалистские выводы, якобы вытекающие из невозможности однозначного механического моделирования, и на соотношении дифференциальных и интегральных закономерностей. Поскольку дифференциальный закон Био-Савара-Лапласа не может быть проверен непосредственно (такой проверке доступна лишь его интегральная форма, относящаяся к какому-либо замкнутому контуру), то закон этот Пуанкаре рассматривает не как истинное, а как наиболее удобное соглашение.¹²³ Этот самый аргумент используется Джинсом¹²⁴ уже прямо в агностических целях. Джинс доказывает, что модель вообще не имеет никакого отношения соответствия к тем явлениям, для объяснения которых они создаются.

В противоположность Пуанкаре и его адептам, В. А. Михельсон подходит к методологической интерпретации неоднозначности механического объяснения как философ-материалист с четким и широким мировоззрением. Михельсон раскрывает позитивное содержание этой неоднозначности, которая допускает расширение того круга явлений, который подлежит объяснению. В частности, с этой неоднозначностью Михельсон связывает возможность распространения законов термодинамики на все физические, химические и биологические процессы.¹²⁵

Интересно и рассуждение Михельсона о двух фазах построения теории (в классической физике, разумеется). В первой фазе

¹²² О различных приближениях изоморфизма см. L. Apostel, «Towards the Formal Study of models in non-formal Sciences» Synthese, vol. XII, nr. 2/3, 1960, p. 141—146.

¹²³ См. Poincaré, H. «Teadus ja hüpotees», Tartu, 1936, lk. 215. а также М. Бунге. «Причинность». М. 1962, стр. 103—106.

¹²⁴ См. Hunger, E. «Von Demokrit bis Heisenberg», Braunschweig, 1958, S. 101.

¹²⁵ В настоящее время мы должны причислить сюда и фундаментальную идею о связи энтропии и информации.

подыскивается какая-либо одна механическая картина, а на втором этапе устанавливаются общие закономерности, исходя из сравнения множества возможных картин.¹²⁶ Близкая к этому идея применительно к современной физической теории развивалась много лет спустя Д. ван Дантцигом.¹²⁷

Механистическая картина мира не могла быть согласована с новыми открытиями физики. Но с этой картиной мира была связана и определенная мировоззренческая концепция — метафизический материализм, — которая тоже не могла быть сохранена. Кризис в самой физической теории был устранен теорией относительности и квантовой механикой. Но кризис философских основ физики продолжается в капиталистическом мире по сей день в силу общественно-политических причин, не допускающих большинству физиков освоить единственно научную философию — диалектический материализм. Современная физика является ареной еще более ожесточенной борьбы материализма и идеализма, которая разгорается вокруг каждого фундаментального нового открытия. Идеалисты современности, как и их предшественники, используют каждую трудность в науке в интересах своих спекуляций. Но их попытки тщетны. «Материалистический основной дух физики, как и всего современного естествознания, победит все и всяческие кризисы, но только с неременной заменой материализма метафизического материализмом диалектическим».¹²⁸ Мы являемся свидетелями осуществления этого замечательного ленинского предсказания. Несмотря на отчаянное сопротивление буржуазной идеологии, все больше физиков капиталистического мира переходит на позиции диалектического материализма, убедившись на практике в невозможности решить теоретико-познавательные и методологические вопросы своей науки в рамках какой-нибудь из многочисленных вариантов современной идеалистической философии.¹²⁹

¹²⁶ См. Михельсон В. А., ук. соч., стр. 365 и дальше.

¹²⁷ Van Dantzig D. «General Procedures of Empirical Science», Synthese, vol. V, nr. 9/10, 1947, p. 441—449.

¹²⁸ Ленин В. И. Сочинения, т 14, стр. 292.

¹²⁹ Vigier, J. P. «La démarche de Lénine devant la première crise de la physique moderne». «Cahiers du communisme», nr. 5, 1959.

Глава II

МОДЕЛИ И СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИКА

§ 1. Роль моделей в построении неклассических теорий

В этом параграфе мы рассмотрим характер и роль моделей в квантовой механике, теории элементарных частиц, квантовой теории твердого тела и теории атомного ядра.

Идея о световых квантах, о дискретности электромагнитного поля, выдвинутая Планком в 1900 г. для устранения «ультрафиолетовой катастрофы», была очень смелой гипотезой. Однако предложенная им модель квантового осциллятора большинством физиков рассматривалась как переходящая фикция; они принимали формулу Планка, но решительно отвергали физические идеи Планка. Даже сам Планк очень неохотно порвал с классическими представлениями; вначале он был склонен рассматривать свою формулу как удачно подобранное интерполяционное соотношение, а не как принципиально новое объяснение¹³⁰. Позднее он считал, что прерывность характеризует только процессы излучения и поглощения света, а его распространение происходит в виде непрерывной волны. На вопрос о том, не распространяется ли свет отдельными «порциями», квантами, Планк шутливо отвечал: «Если пиво берется из бочки полулитровой кружкой, то это не значит, что оно уже в бочке содержится полулитровыми порциями». Планк старался связывать квантовую гипотезу с классической динамикой. В одной из своих лекций он привел следующую аналогию для объяснения соотношения $E = h\nu$: представим яблоню, на которой длина стеблей яблок убывает пропорционально с высотой H от земной поверхности. Если такое дерево встряхивать с частотой ν так, что

$$\nu \sim \frac{1}{\sqrt{H}} \sim H$$

¹³⁰ См. М. Планк, «Vorträge und Erinnerungen», Stuttgart, 1949, 1959.
S. 129.

То их кинетическая энергия на уровне земли $E \sim v$, но в действительности, разумеется, ничто не соответствует такой модели.

Эйнштейн в своей теории фотоэффекта углубил идею Планка, рассматривая световые кванты как реально существующие частицы. Однако идея о прерывности, чуждая классической физике, укоренилась в сознании физиков с большим трудом. Метафизический образ мышления не давал возможности понять диалектическое единство непрерывного и прерывного, что привело к шатанию от одной крайности к другой. О. Лодж в 1912 году писал: «Мы так далеко от положения, согласно которому природа не делает скачков, что становится сомнительным, делает ли она что-либо без них»¹³¹. Нетрудно понять насколько облегчилось бы преодоление этих трудностей, если физики владели бы диалектическим методом, по которому «... в природе нет скачков именно потому, что она складывается сплошь из скачков».¹³²

Своеобразный переходный этап от классической к квантовой физике — теория атома Бора. Модель Бора носит вполне классический характер, но при выведении математических соотношений применяются такие постулаты, которые выходят далеко за рамки классической теории. Самым важным здесь была идея о стационарных состояниях и переходах между ними. Теория Бора объяснила большое количество экспериментальных фактов, касающихся структуры атомных и молекулярных спектров, периодической системы элементов, гетерополярной связи в молекуле и т. д.¹³³ Но тем не менее, теория Бора не была удовлетворительной. Его постулаты носили совершенно искусственный характер. Теория определяет все множество классических орбит, а на последней стадии вычислений большинство из них отбрасывается. Теория Бора потерпела также неудачу в детальном объяснении спектра более тяжелых атомов, начиная с гелия (за исключением «водородоподобных» атомов и ионов). Кроме того, как показал Крамерс, атом гелия по модели Бора является динамически неустойчивым.

При ретроспективном взгляде на теорию Бора можно сказать, что подобный «полуклассический» подход оказывается очень плодотворным в развитии физической теории также и в настоящее время. Нередко сильно упрощенная модель дает возможность понять какой-либо частный аспект изучаемого круга явлений или же ограниченную часть этих явлений. Следующая за ним более адекватная модель, во-первых охватывает более широкую область явлений; во-вторых в области применимости упрощенной модели приводит к относительно небольшим поправ-

¹³¹ Лодж О. Непрерывность. Спб., 1914, стр. 24.

¹³² Энгельс Ф. Диалектика природы. М. 1950, стр. 217.

¹³³ См. Борн М., «Состояние идеи в физике», сб. «Вопросы причинности в квантовой механике», М. 1955, стр. 105.

кам, дающим возможность объяснить такие детали явлений, которые пренебрегались упрощенной моделью. Но в определенных пределах упрощенная модель и основанная на ней теория будут применяться и в дальнейшем; перетолкование их основ более совершенной теорией, в силу принципа соответствия, иногда мало касается их практического аспекта. Примером может служить классическая и квантовомеханическая трактовка теории атома водорода, принципа Франка-Кондона и многое другое. Тут нельзя не вспомнить замечательных слов Ленина о многопорядковой сущности и о движении познания от сущности низшего порядка к сущности высшего порядка. В связи со сложностью последовательного квантовомеханического расчета в случае задачи многих тел, он иногда применяется лишь отчасти — к этим аспектам явления, где «неклассичность» играет наиболее существенную роль. Так, например, для расчета радиальной волновой функции «водородоподобных» атомов и ионов распространен метод, по которому «остов» атома или иона (т. е. замкнутые электронные оболочки) рассматриваются статистически по модели Томаса-Ферми-Дирака, а последовательный метод Хартри-Фока применяется лишь к валентному электрону.

Трудности теории Бора упразднились созданием квантовой механики. Эта теория означала решительный разрыв с классическими традициями. Оказалось, что к микрообъектам неприменима классическая концепция строгой пространственной локализации частицы и ее движения по фиксированной траектории. Квантовая механика синтезировала корпускулярные и волновые свойства микрочастиц за счет отказа от классически детерминированной модели микрообъекта.

Некоторые считают, что всякая модель фатально связана с миром чувственно воспринимаемых вещей и поэтому она в квантовой области абсолютно неприменима. По словам Дирака, природа действует так, что «ее основные законы не управляют непосредственно миром наших наглядных представлений, но относятся к таким понятиям, о которых мы не можем составить себе наглядных представлений...»¹³⁴ Квантовый и классический мир связывались только через принцип соответствия и при этом таким образом, что при переходе к классическим переменным сразу теряется специфически квантовое. Поскольку модель рассматривалась как нечто относящееся исключительно к классическому объяснению, то она все решительнее изгонялась из квантовой теории. Бесплодность попыток сведения квантовой теории к классическим моделям привела к некоторой дискредитации модельных представлений вообще; в лучшем случае им приписывалась роль чисто дидактического вспомогательного приема,

¹³⁴ Дирак П. А. М. Принципы квантовой механики, М. 1960, стр. 12

средства популяризации, а не познания¹³⁵. На первых порах развития квантовой механики Гейзенберг еще не отрицал полностью некоторую ограниченную применимость моделей¹³⁶. Но позднее он не только решительно отвергал всякие модели как «рудимент механической картины мира», но и ставил дилемму: либо отказаться от пространственно-временного описания микрообъектов, либо от принципа причинности.¹³⁷ Ошибочность такой дилеммы, основывающейся на метафизическом понимании принципа причинности, неоднократно обсуждалась в нашей философской литературе.

Отказ от моделей, провозглашенный создателями квантовой механики¹³⁸, тормозил развитие квантовой теории. Построение мысленной модели стало «дурным вкусом» в науке. Поэтому оказалась заброшенной и забытой, например, интересная попытка Маделунга построить квантовую механику по аналогии с гидродинамикой¹³⁹. Метод этот возродился лишь в последнее время в работах Вижье, Такабаяси, Бома и др.; он допускает релятивистское обобщение.¹⁴⁰

Э. Шредингер, хотя он и не отвергает модели полностью, в своей обзорной статье утверждает, что «действительность протодействует (widerstrebt) мысленному воспроизведению в модели», а поэтому следует отвергать «наивный реализм» (читай: материализм. Л. В.) и взять в основу тезис о том, что реальность, в конечном счете, есть данные наблюдения и измерения, которые уже не основаны на какой-нибудь иной реальности или ее модели. Но, поскольку результат измерения зависит, по мнению Шредингера, принципиальным образом от субъекта, то, по существу, субъективный идеализм неизбежен. Эту же мысль о том, что мир конституируется наблюдателем, выражает Эддингтон. В частности, он приводит интересное сравнение: человек, познавая «мир», кладет его на ложе Прокруста. «Однако конец

¹³⁵ Примером могут быть известные изображения плотности электронного облака атома в различных квантовых состояниях, полученные путем фотографирования соответствующих «рашающихся» механических (вещественных) моделей. См. тоже: Блохинцев Д. И. «Модельное изображение электронного облака водородоподобных атомов». Успехи Физических Наук, 12, 1932, стр. 160.

¹³⁶ Heisenberg, W. «Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik». Zeitschrift für Physik, 43, Heft 3/4, 1927.

¹³⁷ Heisenberg W. «Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie», Leipzig, 1930, S. 49.

¹³⁸ Schrödinger, E. «Conceptual models in physics and their philosophical value». Science theory and man, Cambridge, 1952, p. 148—165.

¹³⁹ Madelung E. «Quantentheorie in hydrodynamischen Form». Zeitschrift für Physik, 40, Heft 3/4, 1927, S. 322.

¹⁴⁰ Frank H. W. «Ein Strömungsmodell der Wellenmechanik», Acta physica Acad. Sci. Hungaria, 4, nr. 2, 1954, S. 163—172.

¹⁴¹ Schrödinger E. «Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik». Die Naturwissenschaften, 23, 1935. Heft 48, S. 807—812; 823—838; Heft 49, S. 844—849.

истории неизвестен: Прокруст измерял по утрам длину тела уходящих гостей и написал научный труд «О константной длине путешественников» для «Ученых записок» антропологического общества Атики»¹⁴².

Характерной чертой квантовой механики является корпускулярно-волновой дуализм. Существует немало попыток сведения этого дуализма к корпускулярной или волновой картине. В самом начале развития квантовой механики Шредингер выдвинул концепцию «волновых пакетов», которую однако пришлось оставить, так как нельзя было объяснить устойчивость таких «пакетов». Идеи чисто волновой модели он высказывал и позднее¹⁴³. Построение полевой теории материи (теории, идущей дальше квантовой механики) наметил Я. И. Френкель¹⁴⁴. В качестве физической модели он предложил непрерывное поле; частицы суть квантовые эффекты этого основного поля, «...некоторый облик чисто полевых процессов, выявляющийся в случае взаимодействия волн...»¹⁴⁵. Элементарные частицы рассматриваются Френкелем как бесструктурные, а законы их движения, как вытекающие из уравнений фундаментального поля. В ряде вопросов идеи Френкеля совпадают с теми, которые были позднее развиты Гейзенбергом и его сотрудниками.

Существуют и попытки устранения корпускулярно-волновой двойственности в пользу корпускулярной картины. В частности, эта идея проводится в ряде работ А. Ланде¹⁴⁶. Выступая против субъективизма в квантовой теории, Ланде предпринимает попытку построить эту теорию аксиоматически. Квантовая теория, по Ланде, должна стать «последовательной унитарной корпускулярной теорией, в которой волновые (wave-like) явления будут естественным следствием элементарных, неквантовых постулатов»¹⁴⁷. Эта теория будет «предпочтительнее, чем общепринятая манифестация имманентного дуализма» и дает возможность «преодолеть идею о том, что квантовая механика есть вид математического колдовства, толкующего результаты измерения как «материализацию» абстрактных законов природы, которые не могут быть поняты»¹⁴⁸. «Кульť дуализма» оце-

¹⁴² См. Hunger, E. Von Demokrit bis Heisenberg, Braunschweig, 1958, S. 46.

¹⁴³ Schrödinger, E. «Are there Quantum Jumps?» The British Journal for Philosophy of Science, 3, 1950, p. 109—116.

¹⁴⁴ Френкель Я. И. «Замечания к квантово-полевой теории материи», Успехи физических наук (УФН), т. XLII, 1950.

¹⁴⁵ Френкель Я. И. «Корпускулярный аспект материи» УФН, т. XLIV, 1951, стр. 115.

¹⁴⁶ Lande, A. «Quantum Mechanics and Common Sense», Endeavour, 1956, nr. 58, p. 61—67; «From Dualism to Unity in Quantum Mechanics», Brit. Journ. Phil. Sci., X, 1959, p. 16 ff. «From Dualism to Unity in Quantum Physics», Cambridge, 1960.

¹⁴⁷ См. последнее из ук. соч., стр. 96.

¹⁴⁸ См. второе из ук. соч.

нивается Ланде как «оппортунистический уклон от ясной постановки проблемы»¹⁴⁹. Примерно такая же программа проводится Вейцелем и Новобатцким¹⁵⁰. Эйнштейн в свое время говорил, имея в виду квантовую механику, что он верит в возможность построения модели действительности, т. е. такой теории, которая представляет сами вещи, а не вероятности¹⁵¹.

Появившиеся в 50-х годах интерпретации квантовой механики с точки зрения «скрытых параметров» (Бом¹⁵², Вижье, де Бройль, Феньеш, Яноши и др.) тоже считают возможным возврат к «модельному» варианту теории. Яноши, например, считает, что в принципе квантовые объекты «... могут быть описаны посредством модели, которая намного ближе к классической, чем обычно думают»¹⁵³.

На наш взгляд, все рассмотренные попытки устранения квантовомеханического дуализма допускают ту же неточность, что и представители копенгагенской интерпретации, хотя делают это по другим причинам. По-видимому, философский порок этих концепций состоит прежде всего в том, что они склонны трактовать проблему квантовомеханического дуализма как прежде всего теоретико-познавательную проблему выбора того или иного подхода, варианта теории, объяснения. Однако мы тут имеем дело с проблемой онтологической; двойственная природа микрочастиц есть закономерность бытия. Конечно, с отражением этой двойственности связана и своя специфическая гносеологическая проблематика. Но это как раз и значит, что теория, не учитывающая двойственности или пытающаяся сводить ее к одной из ее сторон, не может быть адекватной действительности. Если мы ограничиваемся корпускулярной или волновой моделью, то мы получаем лишь частичное описание квантового процесса. Если же было бы возможно сочетать эти дополнительные свойства в рамках одной классической модели, то это означало бы, что квантовые явления не обладают никакой спецификой и сводятся к классическим. Но это не так. Следовательно, классические модели могут быть сопоставлены лишь либо с корпускулярным, либо с волновым аспектом микрообъекта. И в этом плане принцип дополнительности содержит вполне рациональный смысл, если оставить в стороне идеалистические наслоения на нем (напри-

¹⁴⁹ См. второе из ук. соч.

¹⁵⁰ Weizel, W. «Ableitung der Quantentheorie aus einem klassischen, kausal determinierten Modell». *Zeitschrift für Physik*, 134, 1952/53, Heft 3, S. 264—285; Novobatzky, K. F. «Das klassische Modell der Quantentheorie». *Annalen der Physik*, 9, 1951, S. 406.

¹⁵¹ См. Einstein, A. «Mein Weltbild», Zürich, 1953, S. 155.

¹⁵² См. Бом Д. «Причинность и случайность в современной физике». М. 1959, гл. III, IV; его же, «Квантовая теория», М. 1961, гл. 8.

¹⁵³ Яноши Л. «Физические стороны проблемы волна-частица», сб. «Вопросы причинности в квантовой механике», М. 1955, стр. 291.

мер, универсализацию этого принципа самим Бором). Мы вполне согласны с В. А. Штоффом, когда он говорит, что «возможность рассматривать модели как дополнительные или дополняющие друг друга связана прежде всего онтологически с тем, что изучаемый здесь объект внутренне противоречив»¹⁵⁴. Но в этой связи нам представляется несправедливым его характеристика взглядов Груневольда¹⁵⁵ как «типично позитивистских», т. е. субъективно-идеалистических. Ведь Груневольд проводит именно ту же мысль, с чем согласен и В. А. Штофф. Правда, Груневольд недостаточно строг в выражениях и специально не подчеркивает, что рассматривает микрообъекты как существующую независимо от нас реальность. Но он, например, решительно отвергает мысль Гейзенберга о том, что элементарная частица «... по существу является не материальным образованием во времени и пространстве, а только символом, введение которого придает законам природы особенно простую форму»¹⁵⁶. Личное обсуждение с Груневольдом философских проблем современной физики, а также анализ других его работ¹⁵⁷ заставляют нас думать, что Груневольд скорее всего относится к той категории ученых, которые Лениным назывались естественнонаучными материалистами.

Если обратиться к прикладной стороне квантовой механики, то здесь мы встречаемся с чисто классическими моделями буквально на каждом шагу. Например, в квантовомеханическом расчете системы многих частиц мы исходим из классической (иногда упрощенной) модели этой системы¹⁵⁸ и лишь после составления гамильтониана переходим путем канонического формализма к квантовым переменным, взятым в подходящем представлении.

Неправильно считать, что квантовые процессы абсолютно и принципиально ненаглядны в том смысле, что им не может быть сопоставлен никакой чувственный образ, никакая мысленная модель, даже односторонняя и приблизительная. Тут нельзя ссылаться на ограниченность наших органов чувств, якобы принципиально лимитирующих эти возможности. Представление (а мысленная модель в психологическом аспекте является именно представлением) формируется в непосредственном взаимодействии с логическим мышлением, в силу чего элементы чувст-

¹⁵⁴ Штофф В. А. «О роли моделей в квантовой механике», Вопросы философии, 12, 1958, стр. 78—79.

¹⁵⁵ См. ук. соч., стр. 76—78 и Groenewold, H. J. «Quantum Mechanics and its Models», Synthese, vol. 9, nr. 2, 1956, стр. 97—103.

¹⁵⁶ Гейзенберг В. «Философские проблемы атомной физики», М. 1953, стр. 49.

¹⁵⁷ См. Groenewold, H. J. «The Model in Physics», Synthese, XII, nr. 2/3, 1960, p. 222—227.

¹⁵⁸ См. Шахпаронов М. И. «Очерки философских проблем химии», М., 1957, стр. 241.

венного образа могут осмысливаться различным образом, а в связи с этим неизмеримо растут возможности чувственной схематизации. Если, например, мне говорят о сферической поверхности в пространстве импульсов (т. е. в трехмерном фазовом пространстве, координатами которого являются компоненты вектора количества движения), то я буду представлять обыкновенную шаровую поверхность, однако, точкам этой поверхности я «примыслию» совершенно новое значение. В частности, я могу представлять прерывное скачкообразное перемещение точки, представляющей в фазовом пространстве молекулу газа, которая движется в реальном пространстве, и опираясь на аналогичные представления (мысленные модели), можно обнаружить такие реальные соотношения и связи, открытие которых было бы затруднительным без их помощи. В таких моделях может быть очень сильный момент абстракции. Если мы, например, используем векторную модель атома (конкретный пример наглядной модели, вполне применимой и в квантовой области), то мы абстрагируемся от всех свойств электронов, кроме их орбитального и спинового магнитных моментов, слагая их, в зависимости от соответствующих энергий связей нормально (LS-связь) или по jj -связи. Воображаемые модели в квантовой механике, как и в других областях современной физики, имеют существенно иной характер, нежели в классической физике. Там либо модель в целом, либо способ связи ее элементов рассматривались как тождественные или прямо аналогичные реальности. В современной физике эта связь может быть многоступенчатой опосредованной, а элементы, хотя и почерпнутые из макроскопической области, могут толковаться совершенно иначе по сравнению с их генетическим прообразом. При этом уместно вспомнить замечание Энгельса о значении диалектического мышления в естествознании: «...Здесь волей-неволей приходится мыслить: атом и молекулу и т. д. нельзя наблюдать в микроскоп, а только посредством мышления... диалектика становится абсолютной необходимостью для естествознания, покинувшего ту область, где достаточны были неподвижные категории...»¹⁵⁹. Полный же отказ от любых моделей вообще есть с философской точки зрения метафизическая абсолютизация скачка при переходе к ранее неизвестным явлениям природы и соответствующим им новым теориям.

Со множеством модельных представлений мы встречаемся в квантовой теории твердого тела, начиная уже с ранних работ Дебая и Эйнштейна по теплоемкости при низких температурах, где классическая теория оказывается неприменимой.

Сложность взаимодействия отдельных структурных элементов твердого тела вызывает необходимость в упрощенных и при-

¹⁵⁹ Энгельс Ф. Диалектика природы, 1952, стр. 160.

ближенных расчетах, которые, в свою очередь, базируются на упрощенных моделях. Особая наглядность моделей в этой области обусловлена тем, что многие эффекты вытекают из строгой геометрической периодичности строения кристаллической решетки (или отдельных нарушений такой периодичности). Детальное выяснение микроскопических структур, ответственных за те или другие макрохарактеристики (например, строение центров свечения или F-центров в кристаллофосфорах) лишь в отдельных случаях доведено до количественных расчетов этих характеристик. Последовательный учет всех существенных взаимодействий затруднен, а слишком сильная схематизация в модельной теории часто обесценивает количественные результаты, а порой создает прямо ошибочные истолкования в результате случайного удачного совпадения.

Квантовая механика дала возможность поставить в основу не структурную, а энергетическую модель («зонная модель»), которая оказывается очень плодотворной для объяснения многих (в первую очередь — кинетических) процессов в полупроводниках и кристаллофосфорах. В основе зонной модели лежит предположение, что при приближении свободных атомов (ионов) друг к другу их электроны, находящиеся на одинаковых энергетических уровнях «коллективизируются», благодаря туннельному эффекту, в результате чего образуются квазинепрерывные энергетические уровни-зоны. Модель эта, безусловно, дает возможность наглядно представлять сложные энергетические соотношения (например, расположение отдельных энергетических зон, центров захвата, уровня Ферми и т. д.), а также допускает, в пределах своей применимости, математическую трактовку. Но наглядность этой модели, как и других моделей в прикладной квантовой теории, далека от предметно-конкретной наглядности моделей механической физики; элементы этой модели представляют уже не какие-то пространственно ограниченные части моделируемых систем, а некоторые его аспекты, не обладающие самостоятельностью «части». Такая модель выполняет свою гносеологическую функцию лишь при соответствующем толковании его элементов и способа их сочетания; это уже не «картинно-наглядное» изображение объекта. Вот пример такого рода модели-представления о зонах Бриллюэна, т. е. о таких областях K-пространства (абстрактное пространство, координатами которого являются компоненты волнового вектора электрона K_x , K_y , K_z), внутри которой энергия электрона изменяется квазинепрерывно. Границы зон в K-пространстве определяются расположением структурных единиц кристалла в реальном пространстве (симметрией кристалла).

Чрезвычайно интересный класс модельных представлений, возникающих в рамках квантовой теории твердого тела — это так называемые квазичастицы: фононы, экситоны, поляроны

и т. д. Слабовозбужденные энергетические состояния могут рассматриваться как газ элементарных возбуждений — квазичастиц. Такими являются, например, фононы — кванты акустических колебаний кристаллической решетки, имеющие значительную аналогию с квантами света — фотонами, которые тоже сопоставляются плоским волнам, имеющим определенное значение волнового вектора. Представление о фононах было введено в теорию советским физиком Я. И. Френкелем, и оно играло важную роль, например, в объяснении явления сверхтекучести и связанной с последней сверхпроводимости (имеются в виду работы академика Н. Н. Боголюбова). Но тем не менее, эта плодотворная модель была в свое время подвергнута резкой философской критике М. Э. Омеляновским в его статье «Фальсификаторы науки»¹⁶⁰ «Непонятно», пишет М. Э. Омеляновский, «почему Я. И. Френкелю понадобилось придумывать свои фононы?». Но с таким же правом можно было бы обрушиться на Планка — зачем ему надо было «придумать» фотоны? Фонон ничуть не менее реален, чем фотон, хотя, конечно, имеет свои особенности, например, то, что он неразрывно связан со средой и не может быть изолирован оттуда (как и фотон от электромагнитного поля). Тот факт, что его малая энергия затрудняет непосредственное экспериментальное доказательство его существования, здесь не важен. Поскольку нам известно, не осуществлен опыт типа Добронравова-Иоффе с квантами инфракрасной области, не говоря уже о радиоквантах, но никто не полагает, что таких квантов нет. (Интересно отметить, что в процессе безызлучательного перехода происходит «распад» фотона с множественным образованием фононов).

Не менее объективно по своему содержанию и представлению об экситоне — нелокализованном электронном возбуждении, передвигающегося в результате туннельного эффекта в виде волны, которое может быть квантовано, или же об спиновых волнах, которые вводятся в теорию ферро- и антиферромагнетизма¹⁶¹. То же самое относится и к полярону, теория которого развивалась в трудах киевского физика С. И. Пекара.

Мы вполне согласны с Г. С. Осиповым в том, что квазичастицы нельзя рассматривать как только удобный способ описания квантовых процессов в твердом теле, а они «... реально существующие в природе непрерывно-прерывные образования...»¹⁶², а наши представления о них — мысленные модели,

¹⁶⁰ Омеляновский М. Э. «Фальсификаторы науки», Вопросы философии, № 3, 1948, стр. 161.

¹⁶¹ Ахиезер А. и др. «Спиновые волны в ферромагнетиках и антиферромагнетизм», УФН, LXXI, 4, 1960.

¹⁶² Осипов Г. С. «К вопросу о проблеме прерывности и непрерывности в квантовой теории твердого тела», сб. «Философские вопросы физики и химии», Свердловск, 1959, стр. 49.

более или менее точно соответствующие реальным объектам. Примером может быть «позитрониеподобная» модель экситона (электрон + дырка), предложенная Ванье и Моттом. Отметим, что реальное существование экситона можно сейчас считать экспериментально доказанным, главным образом, работами школы Е. Ф. Гросса в Ленинграде. Это же подтверждается и другими работами, рассматривающими на основе «модельной» теории взаимодействие экситона с примесными микродефектами кристалла, служащими центрами аннигиляции экситона¹⁶³. В данном случае обнаруживается, что квазичастицы, понятие о которых вводили в теорию как вспомогательное, являются реальными образованиями.

В связи с проблемой квазичастиц возникает еще один частный вопрос. Известно, что в конденсированной фазе сами структурные единицы вещества не могут рассматриваться как структурные единицы возбуждения, а таковыми являются именно сами элементарные возбуждения — квазичастицы¹⁶⁴. Если здесь трактовать квазичастицы как «придуманные»¹⁶⁵, т. е. существующие только в сознании физика, то, конечно, получается движение без материи. Движение газа элементарных возбуждений в сверхтекучем гелии имеет вполне «ощутимый», макроскопический характер, но тем не менее это не есть движение отдельных структурных единиц, молекул, а коллективный процесс, который не может быть представлен аддитивно как сумма движений отдельных молекул. Система взаимодействующих микрочастиц имеет коллективные степени свободы, в которых движение системы как целого проявляется наиболее ярко, а движение индивидуальных микрочастиц «стирается». С подобным явлением мы встречаемся и при исследовании атомного ядра. В системе обнаруживаются свойства и стороны, которые неразличимы (точнее — не существуют) у изолированных частей системы, так как они возникают в результате взаимодействия этих частей. Никакого «чистого движения» без материи здесь нет. Фонон, например, не может быть «извлечен» из среды для изучения «в чистом виде», так как он не существует «сам по себе». Но это вовсе не значит, что он не реален. Такое же положение и в случае «истинной» частицы, например, протона, который не есть инертный субстанциональный «кусочек», а арена, где разворачиваются процессы рождения и уничтожения виртуальных мезонов, и, по видимому, различных барионов. Таким образом, и протон не су-

¹⁶³ См. Лушик Ч. Б., Лийдья Г. Г. «Экситонные центры захвата», Труды ИФА АН ЭССР, 7, 1958, стр. 193—225.

¹⁶⁴ См. Лифшиц И. М. «Квазичастицы в современной физике», Природа, 1958, стр. 11—20.

¹⁶⁵ Такую трактовку проводит А. К. Николин в статье «К вопросу об определении физических величин», сб. «Философские вопросы физики и химии», Свердловск, 1959, стр. 58.

ществует «свободно». В унитарной теории материи, выдвигаемой школой Гейзенберга, частицы тоже «рождаются вместе со всеми их взаимодействиями, от которых они никак не могут быть изолированы». Процессы в микромире выступают как теснейшим образом взаимосвязанные и взаимообусловленные.

Модельные представления в теории твердого тела переплетаются неразрывным образом с математическим расчетом, а иногда и возникают на его основе (это мы уже видели в случае квазичастиц). Например, членам разложения в ряд энергии Ван-дер-Ваальса могут быть сопоставлены модели соответственно диполь-дипольного, диполь-квадрупольного, квадруполь-квадрупольного и т. д. взаимодействия. Математика и наглядная модель тесно взаимопроникают и в методе конфигурационных координат.

Важную роль играют модели и в построении электронной теории гетерогенного катализа. Здесь зонная теория недостаточна, так как лежащее в ее основе одноэлектронное приближение слишком грубо. В раскрытии механизма действия катализатора наглядные модели о структуре его поверхности, несмотря на их приближенный или даже условный характер, «... весьма полезны и в ряде конкретных задач ими удобно пользоваться»¹⁶⁶.

Современная квантовая химия идет по пути разработки квантовой динамики элементарных процессов, элементарных химических актов. Это будет квантовая теория столкновений многих частиц. Нам представляется, что в разработке такой теории, по крайней мере, на первых этапах, приближенные полуклассические модели неизбежны.

Проведенный беглый анализ конкретных примеров, на наш взгляд, достаточен для опровержения утверждения об абсолютной противоположности квантовой теории наглядным моделям и подтверждения тезиса о неразрывной связи чувственного и логического на всех этапах развития теории.

В современной теории ядра модели являются главным средством как в истолковании результатов эксперимента, так и в их планировании. На нынешнем этапе своего развития теоретическая ядерная физика представляет собой весьма гетерогенную теорию. Создание последовательной теории сталкивается с двумя главными трудностями. Первая из них состоит в том, что нет ясного представления о природе ядерных сил. Даже энергия взаимодействия двух нуклонов (напр. в случае дейтрона) не может быть выражена в простой математической форме; имеющиеся феноменологические потенциалы являются в лучшем случае хорошими интерполяциями. В последнее время стало ясно, что на основе взаимодействия двух нуклонов нельзя объяс-

¹⁶⁶ Волькенштейн Ф. Ф. «Электронная теория катализа на полупроводниках» М., 1960, стр. 174.

нить, например, насыщение ядра; явление это объяснимо только многочастичными нецентральными силами. Это сильно осложняет картину, так как потенциальная энергия определенной конфигурации нуклонов не допускает аддитивного сведения к двухчастичным взаимодействиям. Другая трудность связана с квантовой теорией многих частиц, приближенные методы которой не применимы в случае большой константы взаимодействия.

В такой трудной ситуации физики-ядерщики идут единственно возможным путем: они выдвигают различные модели структуры ядра, дающие возможность истолковать определенную группу экспериментов и, что главное, наметить новые эксперименты, доказывающие или отвергающие выдвинутые гипотезы. По словам П. Е. Немировского, «феноменологические модели... дают возможность связать множество различных явлений и рассматривать их с единой точки зрения»¹⁶⁷. Часто различные модели покоятся на альтернативных предположениях о характере взаимодействия между нуклонами. Для объяснения некоторых экспериментов необходимо считать нуклоны связанными и потерявшими свою индивидуальность (например, модель жидкой капли и вообще модели с сильной связью). Другие эксперименты объясняются только в том случае, если предполагать, что нуклоны движутся почти независимо в усредненном потенциале (настолько независимо, что момент количества движения отдельного нуклона j является хорошим квантовым числом). В последнее время стало возможным соединение этих противоречивых свойств в рамках видоизмененной оболочечной модели, построенной аналогично оболочечной модели атома и так называемой коллективной модели, выдвинутой Бором-младшим. Различных вариантов моделей ядра выдвинуто не менее двадцати. В любом из них есть некоторый произвольный элемент. «Ясно, что никакая простая модель не может передать всех свойств столь сложной квантовой системы, какой является ядро. Поэтому всякая модель по необходимости должна иметь ограниченное применение. Не следует удивляться, если разные области явлений будут требовать для своего описания различные модели, иногда даже взаимоисключающие по своим свойствам (как, например, модель независимых частиц и оптическая модель)»¹⁶⁸. В ядерной физике мы опять сталкиваемся с характерным для микромира явлением: свойства, несовместимые в мире нашего непосредственного созерцания (макромире), тут выступают как неразрывно связанные. Если же мы стараемся отображать свойства такой микросистемы в классической или близ-

¹⁶⁷ Немировский П. Е. «Современные модели атомного ядра», М., 1960, стр. 5.

¹⁶⁸ Ландау Л., Смородинский Я. «Лекции по теории ядра», М., 1955, стр. 45.

кой к классической модели, то они не дают исчерпывающего описания действительности, а раскрывают лишь один аспект исследуемого явления. Но ясно также, что посредством моделей мы добились таких истин, которые без применения метода моделей были бы недоступны. Модели в теории ядра вовсе не теоретический эрзац, которым мы вынуждены пользоваться, пока изучение взаимодействий элементарных частиц не приведет к теории, допускающей дедуктивный вывод свойств сложных ядер. Для построения такой теории модели ядра тоже важны, так как, исходя из них, намечаются и те эксперименты, которые приближают нас к такой теории¹⁶⁹. Таким образом, когда в будущем будет построена последовательная теория ядра, то в ней сохранятся в «снятом» виде все те положительные знания, которые были получены, опираясь на модели.

Модели имеют значительную эвристическую ценность и в теории элементарных частиц. Сюда относятся попытки трактовать те или иные бозоны как системы двух фермионов (нейтринная теория света; π -мезон как нуклонно-антинуклонная сильно связанная система и т. д.)*. На нынешнем этапе развития теории еще нельзя сказать, являются ли такие попытки действительно успешными или они только исторический эпизод. «Однако, — отмечает советский физик М. А. Марков, — ясно одно, что в то смутное время, которое переживает современная теория элементарных частиц, очень существенно вести поиски новых теоретических возможностей достаточно широким фронтом... При обсуждении таких попыток (структурного представления элементарных частиц, — Л. В.) возникает целый ряд возможных экспериментов, которые представляют интерес сами по себе, независимо от истории их возникновения»¹⁷⁰.

Развернутые структурные схемы с различными фундаментальными частицами были предложены Саката, Гелл-Манном, Нишиджима и Гольдгабером. Саката, например, берет за фундаментальные нуклоны и Λ^0 -гипероны¹⁷¹, предполагая между ними контактное взаимодействие с лагранжианом:

$$L(x) = G[\bar{\psi}(x), O_T \psi(x)][\bar{\varphi}(x), O_G \varphi(x)],$$

¹⁶⁹ См. Айзенбуд Л., Вигнер Э. «Структура ядра, М. 1959, стр. 59—104; Пайерлс Р. «Атомные ядра», УФН, LXVIII, вып. 2, стр. 307—310; Вайскопф В. «Проблемы ядерной структуры» УФН, т. LXXVI вып. 1, стр. 157 (1962).

* Детальное обсуждение роли полуклассических моделей в теории элементарных частиц в статье T. Vescan «Consideratiuni asupra teoriei particulelor elementare. Limite de aplicabilitate a modelelor semi-classice» Studii si cercetari st. fisic, st. techn. 8, fasc 2, 1957, 115—137.

¹⁷⁰ Марков М. А. «Гипероны и К-мезоны», М. 1958, стр. 170.

¹⁷¹ Популярное изложение идеи Саката см. его статью «Новое представление об элементарных частицах», Вопросы философии, 6, 1961, стр. 129—141.

которое приводит к уравнению типа Бете-Сольпитера. Здесь G — константа связи; ψ и φ — операторы двух спинорных полей; O_T — известный оператор, построенный из γ -матриц Дирака. Величина дефекта массы сильно зависит от выбора варианта теории, в силу чего возникает неоднозначность¹⁷². Существует и попытка трактовки всех барионов как возбужденных состояний нуклона.

В квантовой электродинамике важным вспомогательным средством решения проблем являются наглядные графические построения — диаграммы Фейнмана, описывающие процессы взаимодействия и превращения элементарных частиц. Существенные характеристики процесса вытекают из топологической структуры соответствующих графиков. Пользуясь графиками Фейнмана могут быть легко составлены соответствующие функции Грина. Существует однозначное соответствие между разложением S -матрицы на сумму нормальных произведений и диаграммами Фейнмана. Новые варианты этого графического формализма дают возможность учитывать вакуумные поправки; метод распространяется и на различные варианты мезонной теории¹⁷³.

В основе диаграмм Фейнмана лежит процесс рождения и аннигиляции частицы в данной точке в данный момент времени. Модель такого процесса предложена в работе Боппа¹⁷⁴. Моделирование понимается им в смысле подбора понятий, находящихся в таком же соотношении с физическими объектами как и в классической механике. Бопп рассматривает линии Фейнмановского графика «... не только как символы, а как реальные мировые линии, которые обладают топологической структурой сеток линий в силу возможности возникновения и уничтожения элементарных частиц»¹⁷⁵.

В работах Гейзенберга и его сотрудников, направленных на построение унитарной спинорной нелинейной теории материи, рассматривается «... специальная модель теории элементарных частиц, построенная для иллюстрации некоторых основных черт такой теории; автор надеется, что эта модель действительно описывает систему элементарных частиц и их взаимодействий способом, качественно пригодным и для реальной системы частиц»¹⁷⁶. Однако здесь речь идет о модели иного типа, о чисто математической модели, с которой не связывают наглядных

¹⁷² См. Зельдович Я. Б. «Симметричная составная модель сильно взаимодействующих частиц». ЖЭТФ, т. 40, вып. 1, 1961, стр. 319—323.

¹⁷³ См. «Meson Theory. Formalism and Models». Suppl. Progr. Theor. Phys., 1955, nr. 1.

¹⁷⁴ Bopp, F. «Ein statistisches Modell für den Grundprozess in der Quantentheorie der Teilchen». Zsch. f. Naturforschung, 1953, 8-a, S. 228—233.

¹⁷⁵ Ук. соч., стр. 228—229.

¹⁷⁶ Гейзенберг В. «Квантовая теория полей и элементарных частиц», сб. «Нелинейная квантовая теория поля», М. 1959, стр. 221.

представлений о структуре самих микрообъектов или их взаимодействиях. На первый план здесь выступает математика. В самой внутренней структуре математических теорий, построенных формальным образом, отражаются закономерности реального мира, благодаря тому, что такие теории не строятся произвольно, а удовлетворяют некоторым требованиям весьма общего рода (например, логические требования непротиворечивости, полноты и т. д.). Получив определенную интерпретацию («модель» в обратном смысле), математическая теория выступает уже не только как средство описания физических явлений, но и как средство прямого физико-теоретического исследования. В квантовой теории поля ряд важных результатов выводится из свойств функций преобразования, связывающих различные представления. Операторы, характеризующие поле, разлагаются на симметрическую и антисимметрическую части. Швингер, например, противопоставляет им бозонное и фермионное поля. Оправдание такого приема, разумеется, можно искать только вне самой теории — в эксперименте. Несомненно, в таких операциях математического исследования есть некоторый момент произвола, что, однако, не может быть основой для возражения против метода математического моделирования, пока последнее не возводится в абсолют и не противопоставляется экспериментальному исследованию как нечто совершенно самостоятельное.

В случае математического моделирования основные условия исследуемых процессов сразу задаются в виде математических соотношений. При этом, (например, в построении теории Гейзенберга) применяется особая форма аналогии, а именно аналогия по структуре построения теорий различных физических процессов¹⁷⁷. Так как уравнения соответствующего поля неизвестны, пытаются найти их подбором лагранжиана, руководствуясь общими физическими и философскими соображениями¹⁷⁸. Свойства решений полученного уравнения исследуются математически и дается физическая интерпретация полученных результатов. Любые наглядные построения (например, графики Фейнмана) носят в такой теории сугубо вспомогательный характер.

Мы упоминали о философских соображениях, которыми руководствуются при построении абстрактной, математической теории микроявлений. Здесь имеется в виду не общемировоззренческий фон (учет которого, безусловно, важен), а те случаи, когда философские соображения выступают в явном виде и воплощаются в четко сформулированных требованиях к математической части теории. Например, Н. Н. Боголюбов и Д. В. Ширков, рассматривая принципы построения матрицы рассеяния квантовой системы, формулируют условие причинности в явном

¹⁷⁷ См. Полак Л. С. «Вариационные принципы механики», М., 1960, стр. 369.

¹⁷⁸ См. В. Гейзенберг, ук. соч., стр. 224—225.

виде¹⁷⁹. Наряду с требованием релятивистской ковариантности и унитарности S-матрицы «... необходимо обеспечить также выполнение условия причинности, в соответствии с которым какое-либо событие может оказать влияние на ход эволюции системы лишь в будущем и не может оказать влияния на поведение системы в прошлом, во времена, предшествовавшие данному событию»¹⁸⁰.

Природа таких «теорий-моделей» и связь их с «модельными теориями» применительно к микрофизике исследовалась разными авторами, например, Детушем¹⁸¹, Детуш-Феврие¹⁸² и Пам Сюань-иемом¹⁸³. Последний рассматривает вопрос о векторной (векторы состояния в пространстве Гильберта) и функциональной модели квантовой механики. Что касается наглядных физических моделей, то они, по мнению Пам Сюань-иема, имеют мало шансов быть адекватными и поэтому «... надо обратиться к абстрактным моделям, заимствованным более из математики, чем из чувственного мира» (*l'univers sensible*)¹⁸⁴.

Против этого, вообще говоря, возражать нельзя. Но, по-видимому, и в самой абстрактной теории как исходное положение, так и интерпретация результатов теории, связывание ее с экспериментальными фактами будет опираться на определенные наглядные построения. Конечно, они уже не будут представлениями конкретных, видимых и освящаемых предметов. Элементы таких абстрактно-наглядных моделей сами нуждаются в определенном физическом истолковании. Многие физики не довольны феноменологическими формальными теориями вроде теории дисперсионных соотношений¹⁸⁵. По словам Борна, хорошо работающий формализм в руках посвященных людей — большое достижение¹⁸⁶, но если формализм этот не имеет физического истолкования и носит искусственный характер, то он не может считаться удовлетворительным.

¹⁷⁹ Боголюбов Н. Н., Ширков Д. В. «Введение в теорию квантовых полей», М., 1957.

¹⁸⁰ Ук. соч. стр. 143—144.

¹⁸¹ Destouches, I.-L. «Principes fondamentaux de physique théorique», II, Paris, 1942: «Sur la notion de modèle en microphysique», *Synthese*, XII, nr. 2/3, 1960, p. 176—181.

¹⁸² Destouches-Fevrier, P. «La structure de theories physiques», Paris, 1951.

¹⁸³ Pham Xuan Yem, «Modele d'interaction entre corpuscules en theorie fonctionnelle», *Synthese*, XII, nr. 2/3, 1960, p. 276—278.

¹⁸⁴ Ук. соч., стр. 278.

¹⁸⁵ См. Тамм И. Е. «Современное состояние теории «элементарных» частиц». Вестн. АН СССР, 1960, № 10.

¹⁸⁶ См. «Вопросы причинности в квантовой механике», М., 1955, стр. 112.

§ 2. Борьба материализма и идеализма в современной философии и проблема моделей

В борьбе материализма и идеализма в современной философии так или иначе отражаются те крупные сдвиги в социальной структуре человечества, которые совершились за последние 45 лет. Возникновение мировой социалистической системы, борьба народов колониальных стран за свободу, переход буржуазии к фашистским и профашистским методам в классовой борьбе отражаются в современной буржуазной философии. Резкая, хотя, может быть, сравнительно незаметная для постороннего наблюдателя борьба двух мировоззрений идет и на фронте методологии науки, в частности, вокруг проблемы познавательной роли и «статуса» моделей в естествознании. Само понятие «модель» стало применяться во многих науках, в которых оно раньше не применялось (логика, языкознание, психология, высшая алгебра, генетика, социология, а также во вновь возникших науках (кибернетика, общая теория систем). В каждой из этих наук модели имеют свою специфику, в силу чего значение термина «модель» в общем стало совсем неоднозначным. Безусловно, есть и общее, охватывающее все специфические модели, но выяснение этого требует огромного, с точки зрения трудоемкости, анализа методов самых различных областей науки, что является для нас непосильным в рамках данной работы. Мы сосредоточимся исключительно на физико-теоретических мысленных моделях и сказанное нами не может быть без специального анализа распространено на модели иного типа.

Если сравнивать современное состояние в философском истолковании проблемы моделей с положением дела во времена кризиса физики, то мы можем констатировать значительные сдвиги в соотношении сил идеализма и материализма в пользу последнего. К естественникам и философам социалистического лагеря, твердо защищающим позиции диалектического материализма в методологии науки, примыкает и все растущая группа ученых в странах капитализма, которые на собственном горьком опыте убеждаются в том, что идеализм даже в таких рафинированных формах, как разные варианты неопозитивизма, является бесплодным с точки зрения науки. Сама объективная логика науки сближает честных ученых с диалектическим материализмом. Мы не имеем отнюдь в виду только ученых-коммунистов, которые уже дошли до единственно правильного мировоззрения, но и таких «искателей», как Бунге, Селларс или даже недавно скончавшийся Бор. В современном мире ученый уже никак не может не высказать своих мировоззренческих убеждений, уйти от общественной жизни. Само время приносит большую четкость в философские позиции любого ученого; оно срывает маску с «объективистов». Это как нельзя лучше иллю-

стрируется недавним визитом проф. Айера в СССР, его высказываниями здесь и у себя дома.

В последнее время усиливается наступление неприкрытого идеализма, чаще становятся отчаянные попытки найти апологетические аргументы, где угодно, в том числе и в области методологии науки. Некоторые попытки такого рода (работы Денцера, Никеля и др.) мы детально проанализируем и покажем несостоятельность попыток фидеистов «научно» обосновать религию.

Современному идеализму трудно протаскивать свои спекуляции, так как ему противостоит не только стихийный материализм большинства естествоиспытателей, (как было лет 60 тому назад), но и мощный лагерь марксистской философии, противопоставляющий идеализму в плане методологии науки теорию, опирающуюся на бессмертные труды Маркса, Энгельса и Ленина и разработанную на основе глубокого анализа современной науки и истории науки.

В течение последних 10—12 лет в буржуазной философской литературе выходило больше работ по философским вопросам моделей, чем за всю предыдущую эпоху. Чем же обуславливается повышенный интерес идеалистов различного толка к такой частной и специальной проблеме гносеологии, как проблема моделей? Тем, что эта малоразработанная и довольно сложная проблема может временно служить почвой для их спекуляций. Острая идеологическая борьба, которая касается и теоретических основ методологии частных наук, вызывает необходимость маскировать идеализм бутафорной «научностью», выдавать давным-давно разоблаченные идейки, занятые у идеалистов прошлого, как вытекающие из современной науки. Делается это примерно в том плане, что мы, мол, здесь ни при чем, а вот сама современная физика порождает идеализм. Как раз по поводу таких «интерпретаторов» писал Поль Ланжевен, указывая что они «... напрасно ссылаются на новейшие достижения современной науки. Их идеи взяты совсем не оттуда: они извлечены из старой философии, враждебной научному познанию; ее-то и хотят протаскать в науку. И когда тот или иной идеалист-философ ссылается на физика-идеалиста, то он лишь берет у него обратно те представления, которые когда-то ссудил ему сам»¹⁸⁷.

Мы сейчас переходим к анализу взглядов современных буржуазных теоретиков на интересующую нас проблему. Вслед за Энгельсом можно сказать, что яблоко это не только очень кислое, но и достаточно большое. Но вряд ли нужно рассматривать все эти работы, поскольку среди них есть много таких, которые не имеют самостоятельного значения или сводятся к за-

¹⁸⁷ Ланжевен П. «Современная физика и детерминизм», Избр. произведения, М., 1949, стр. 398.

мечаниям тривиального характера. Их мы опускаем¹⁸⁸. Мы также не будем останавливаться на работах, касающихся только логического аспекта моделей и собственно логических моделей¹⁸⁹. Сокращенно будут рассматриваться и те работы, которые уже подвергались критике в работах В. А. Штоффа¹⁹⁰, а также в наших печатных работах.

Автором наиболее обстоятельных исследований по проблеме моделей является профессор Лондонского университета Э. Хаттен. Его ранняя статья¹⁹¹ представляется на первый взгляд не так уж далекой от материализма. «Если мы обычно говорим о модели, мы имеем в виду модель чего-нибудь...» пишет Хаттен¹⁹². Моделью кристалла является пространственная решетка, эластичный шар может рассматриваться как модель молекулы и т. д. Модель — трехмерное изображение предмета, показывающая связи, существующие между составными частями предмета. «В случае необходимости мы удовлетворяемся двухмерным изображением или поперечным сечением предмета; таким образом, мы приходим к модели как к рисунку или диаграмме»¹⁹³. На первый взгляд кажется, что тут вполне материалистический подход: мысленные модели — это приближенные отражения существующих независимо от сознания вещей и их свойств. Но так, по Хаттену, обстоит дело лишь пока мы ограничиваемся психологической функцией модели, ее эвристи-

¹⁸⁸ Вот, некоторые из таких работ: Н. Feigl, «Theorie und Erfahrungen in der Physik», Karlsruhe, 1929, S. 98—101; Kraft, V. «Die Grundformen der wissenschaftlichen Methoden», Wien, 1925; Bavink, B. «Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaft», Leipzig, 1941; C. Stumpf, «Erkenntnislehre», Leipzig, 1939, I, S. 405—406; H. Jeffreys, «Scientific inference», Cambridge, 1957, p. 198—200; Hanson, N. R. «Patterns of Discovery», Cambridge, 1958; H. Schierle, «Das Eindringen phänomenologischer Begriffsbildungen und Vorstellungen in die physikalische Theorienbildung», Meisenheim, 1958; P. Mariens «Die Ideologie der modernen Physik», Phys. Blätter 15, 1959, S. 560—565; R. F. J. Withers, «Explanations and models in scientific theory construction», BJPS, 1961, 11, nr. 44, p. 280—288; P. van Duijn «A model for theory finding in science», Synthese, 1961, 13, nr. 1, p. 61—67; E. Götlind «Two views about the function of models in empirical theories», Theoria, Lund, 1961, 27, p. 58—69.

¹⁸⁹ A. Tarski. «Contributions to the theory of models. «Proceedings Kon. Nederl. Akad. Wetenschappen, 1954; L. Apostel «Towards the formal study of models in non-formal science», Synthese, 1960, XII, Nr. 2/3, p. 125—161. И. Розенберг, «К вопросу о роли аналогии в современном естествознании», Труды Новосибирского инж.-строит. ин-та, IX, 1959, стр. 225—233.

¹⁹⁰ В. А. Штофф. «О роли моделей в квантовой механике». Вопросы философии, 12, 1958; «К вопросу о роли модельных представлений в научном познании», Уч. зап. ЛГУ, № 248, 1958, стр. 117—135; «Критика неопозитивистского понимания роли моделей в познании», Вестник ЛГУ № 5, 1961, стр. 85—95; «Гносеологические функции модели», Вопросы философии, 12, 1961, стр. 53—65.

¹⁹¹ E. H. Hutten. «The role of models in physics». British Journal for Philosophy of Science (BJPS), 1954, 4, Nr. 16, p. 284—301.

¹⁹² Ук. соч., стр. 285.

¹⁹³ Там же.

ческим, прагматическим применением. Отметим, что согласно современной формальной логике, терминологией которой пользуется Хаттен, подход, концепция или исследование принадлежит к прагматике, если его объектом является отношение между выражением, знаком (в данном случае — моделью) и тем, кто его применяет. Как видно, тут нет и следа материалистического подхода, ибо Хаттен ничего не говорит об объективном мире («десигнате»). Напомним, что пока речь идет об обычном языковом применении понятия «модель». Но такой повседневный язык («человека с улицы», как любят выражаться неопозитивисты), конечно, не может удовлетворять Хаттена, так как этот язык «реалистичен». Он цитирует определение модели из книги Крейка: «...под моделью мы... понимаем всякую физическую систему, которая имеет структуру отношений, подобную той, которую она копирует»¹⁹⁴, и продолжает, что «этот реалистический язык может быть устранен посредством простого утверждения, что модель дает синтактические (в том числе и математические) правила для использования выражений, при помощи которых мы описываем процесс. Модель тем лучше, чем более точно она дает синтаксис новой теории»¹⁹⁵. Эта логическая функция модели рассматривается Хаттеном как главная. Тут Хаттен уже радикальнее порывает с «реализмом» — ведь если речь идет о синтактических правилах, то это значит, что анализируется лишь формальная структура выражений, абстрагируясь от отношения модели к тому, моделью чего она является (десигнат). Освобождение от «реализма» открывает возможность истолковать построение модели как совершенно произвольную операцию. Однако модель, по Хаттену, должна зафиксировать и семантические правила, относящиеся к истолкованию теории и дающие ключевую концепцию (key concept) для перехода к новой ситуации путем определения этой ситуации в понятиях старой теории. Но так как сами эти «ситуации» не состоят из реальных вещей, а комплексы чувственных данных, то путем только что рассмотренной манипуляции Хаттен изгоняет из применения мысленной модели последнюю крупницу объективности. После этого анализ конкретных примеров, проведенный им отчасти в духе «реализма», представляется уже как непоследовательность. Это, по Хаттену, есть возвращение к обыденному мышлению. Невольно вспоминаются слова Рассела о том, что за обеденным столом все становятся материалистами.

В своей книге¹⁹⁶ Хаттен дает несколько детализированное изложение тех же идей. Они исчерпывающе раскритикованы

¹⁹⁴ Craik, K. J. W. «The nature of explanation», Cambridge, 1952.
(Очень беглое ознакомление с этой книгой показало, что автор ее склоняется к неопозитивизму. Книга эта отсутствует в библиотеках СССР).

¹⁹⁵ E. H. Hutten, op. cit. p. 288.

¹⁹⁶ Hutten, E. H. «The language of modern physics». London, 1956.

В. А. Штоффом¹⁹⁷, со взглядами которого мы согласны, за исключением одной неточности. Рассматривая понятие интерпретации теории, В. А. Штофф, на наш взгляд, неправ, распространяя механически понимание интерпретации дедуктивной теории (аксиоматической системы) на физические, эмпирические (в узком смысле) теории. Он пишет: «Интерпретировать теорию (физическую. Л. В.) — значит указать на реальный объект, к которому она относится»¹⁹⁸. Это так, если речь идет, скажем, о системе аксиом Пеано или геометрии Лобачевского, но это не относится, например, к квантовой механике. Тут объект теории есть «данные», а искомой является теория. Интерпретировать такую теорию — значит не указать на объект, к которому она относится, а выяснить отношение сущности теории, ее законов и понятий к объективной реальности.

Исходя в своих рассуждениях из пресловутого принципа наблюдаемости, Хаттен пишет: «Мы могли бы иметь более надежные данные об электроны, чем об обратной стороне луны»¹⁹⁹ (поскольку последняя, по Хаттену, принципиально ненаблюдаема). Но довольно незавидная историческая судьба этого примера: разум человека самым прямым образом доказал, что он не может быть втиснут в те узкие рамки, которые ему ставит современный агностицизм! Если от провозглашения принципиальной непознаваемости химического состава небесных тел Контом до его опровержения Бунзеном и Кирхгофом прошло несколько десятилетий, то аналогичное утверждение Хаттена о недоступности человеческому познанию обратной стороны Луны опроверглось за несколько лет.

Указывая на мнимый «индетерминизм» в квантовой механике, Хаттен атакует «некоторых марксистских физиков», которые, мол, видят в факте устранения строгого (метафизически понимаемого) детерминизма упадок буржуазной физики, поскольку «их политические взгляды требуют строгого детерминизма»²⁰⁰. Эта «критика» дана без конкретного адреса. Это и понятно: вульгаризаторы — квазимарксисты, которые на деле льют воду на мельницу наших идеологических противников, стали весьма редкими. Но обойтись без нападок против материализма вообще и марксизма в частности Хаттен, конечно, не может. Ведь «порядочный профессор не может не обругать материалистов метафизиками»²⁰¹.

Большое внимание уделяет проблеме моделей и М. Гесс. Как уже показал В. А. Штофф, она, в отличие от Хаттена, не считает наглядность необходимым свойством модели. М. Гесс уже в пер-

¹⁹⁷ В. А. Штофф, Вестник ЛГУ, № 5, 1961.

¹⁹⁸ Там же, стр. 87.

¹⁹⁹ Hutten, E. H., op. cit., p. 52.

²⁰⁰ Там же, стр. 162.

²⁰¹ Ленин, Сочинения, т. 14, стр. 94.

вой работе по вопросу моделей²⁰², где рассматривается модель как звено в развертывании гипотетико-дедуктивного метода построения теории, сближает это понятие с математической гипотезой. Она неоднократно подчеркивает, что модель не является буквальным описанием (literal description) действительности. С этим можно было бы согласиться, если Гесс имела бы в виду приближенный характер модели как специфической формы отражения действительности. Однако теория отражения чужда Гесс, и отрицание «буквального описания» не имеет ничего общего с подчеркиванием относительности истины, заключающейся в мысленной модели. Наглядная модель рассматривается Гесс (особенно в ее последней работе²⁰³) как нечто чисто вспомогательное, дающее указания для следующего шага в построении теории и отбрасываемого после совершения этого шага.²⁰⁴ Такие модели — гипотезы, по мнению Гесс, выбираются произвольно, они не имеют отношения ни к исходным чувственным данным, ни к готовой теории, в которой они вообще не фигурируют. Тут нетрудно заметить возвращение к идеям Пуанкаре и Дюгема, высказанным в связи с неоднозначностью мысленной модели. Поскольку модели, применяемые в физике, по мнению Гесс, имеют характер математических гипотез, то следовало бы предпочитать слово «аналог» вместо слова «модель», так как последнее «... как будто предполагает нечто механическое или же, по крайней мере, наглядное (picturable)²⁰⁵. Гесс старается показать близость методов науки с «методами» религии на той основе, что обе, мол, пользуются аналогиями. Здесь она открыто становится на позицию фидеизма. Она считает, что «исторические соотношения науки и христианства нуждаются в некотором перетолковании» (reinterpretation), причем основная надежда автора — способствовать уменьшению напряженности между научным и христианским мировоззрением»²⁰⁶. Современный фидеизм, чувствуя шаткость своих позиций, всегда и везде отыскивает новые «аргументы» и, как видно, даже область методологии науки используется как источник для подобного рода «изысканий».

По линии возрождения берклианства и махизма идет

²⁰² Hesse, M. B. «Models in physics». BJPS, 1953, IV, Nr. 15, p. 198—214.

²⁰³ Hesse, M. B. «Science and Human Imagination». N. York, 1955, chap. VIII.

²⁰⁴ Ук. соч., стр. 139. Такая же мысль выдвигается и другими авторами, Стаховьяком (H. Stachowiak, «Über kausale, konditionale und strukturelle Erklärungsmodelle». Philosophia naturalis, 1957, Bd. 4, S. 403—433) Стаховьяк полагает, что математический формализм шаг за шагом полностью заменяет наглядные модели, так как современная физика в целом имеет тенденцию к десубстанциализации (Entstofflichung) и абстракции. (См. ук. соч., стр. 407).

²⁰⁵ Hesse, op. cit., p. 138.

²⁰⁶ M. B. Hesse, op. cit., «Preface».

В. Франц²⁰⁷. Он начинает с отождествления понятий физики с измеряемыми величинами, что, конечно, неправильно: известно, что таким понятием, как, например, волновая функция, даже не соответствует измеряемая величина. В этом вопросе Франц становится на точку зрения крайнего операционализма, провал которого ныне признается и самими операционалистами²⁰⁸. Так что в этом вопросе Франц, как говорится, роялист больше самого короля.

Дальше Франц, как в свое время Богданов, вводит «коллективный опыт», отождествляя объективность с независимостью от свойств отдельного субъекта. Затем он устанавливает принципиальную координацию субъекта и объекта. По его мнению, привнесенное в процессе познания субъектом никак не может быть отдельно от действительного (это вполне логично, так как это действительное, по Францу, тоже субъективно). «Связь объекта и наблюдателя принципиального не поддается (bleibt prinzipiell entzogen) физическому анализу.

После такой подготовки Франц уже «легко расправляется» с материалистической теорией отражения и вытекающим из него пониманием модели как особого рода отражения объективного мира. Объективный мир — это те представления, которые связывает с повседневными словами «наивный индивид»; мы, мол, просто примысливаем к свойствам, существующим самим по себе, некоторого предметного носителя. Нейтрино, по Францу, — «персонифицированный момент импульса», а на самом деле «спин идет один по миру»²⁰⁹. Вряд ли надо доказывать ложность такого утверждения, так как известны и другие свойства нейтрино, кроме спина. Также наблюдались экспериментально вызываемые нейтрино реакции.

Модель рассматривается Францем как психологическое и эвристическое вспомогательное средство, при помощи которого мы сводим непривычное к привычному²¹⁰. Об истинности ни познавательного образа, ни теории в целом не может быть и речи: К ним применимы предикаты «хорошее» и «плохое», «пригодное» и «непригодное», а «... предикаты «истинное» и «неистинное» не существуют для чистой физики. Этим она отличается как от наивного мировоззрения, так и от метафизики»²¹¹. Франц вообще пытается всеми силами построить китайскую стену между физикой и теорией познания. Навязывая самый оголтелый субъективный идеализм, он выдает себя за «физического» мысли-

²⁰⁷ Franz, W. «Modell Anschauung und Wirklichkeit in der Physik». Math. phys. Semesterberichte, 1953, 3, Nr. 1/2, S. 48—56.

²⁰⁸ Lindsay, R. B. «Operationalism in physics reassessed», Scient. Monthly, 1954, 79, Nr. 4, p. 221—223.

²⁰⁹ W. Franz, op. cit., S. 49.

²¹⁰ Ibid., S. 51.

²¹¹ Ibid., S. 54.

теля, стоящего выше «наивного индивида» и в то же время свободного от «метафизики». Но как мы видели, он вводит с самого начала давным-давно известные тезисы субъективного идеализма, так мастерски разоблаченные и опровергнутые в свое время Лениным. К этим тезисам Франц не смог прибавить ничего нового; он лишь применяет их к новому материалу физики, тем самым еще раз демонстрируя эпигонский характер современной буржуазной философии.

В духе субъективного идеализма трактует роль моделей в познании и Г. Мюллер²¹². Следуя Пункаре и Юкскюлю, он заявляет, что любая попытка найти за чувствительными впечатлениями отличную от них действительность обречены заранее на неудачу, так как ее просто не существует. Этим, конечно, уже снимается вопрос об объективном содержании моделей. Их цель, по Мюллеру, состоит в том, чтобы «...показать логическую необходимость (*Denknotwendigkeit*) явлений природы — точнее, всех получаемых данных чувств»²¹³. Сразу же узнаем здесь известный тезис Маха и Виттгенштейна о том, что не существует никакой иной необходимости, кроме логической. Однако, переходя к формулированию требований, которые должны удовлетворять модель, Мюллер (как и Мах в свое время), тайком переходит в некоторых вопросах к материализму. Это происходит тогда, когда ставится вопрос о том, моделью чего являются наши познавательные образы.

В архиученой форме проповедует агностицизм и крайний субъективизм известный своими фальсификациями диалектического материализма И. Бохенский²¹⁴. В духе ползучего эмпиризма он заменяет объективное «интерсубъективным» и считает, что никакие модели не могут служить целям познания. Отсюда, по Бохенскому, вытекает, что современная физическая теория «не обладает эйдетическим, а только оперативным смыслом». (Образ, теория или модель обладают эйдетическим смыслом тогда, когда мы знаем, что он обозначает, значит или представляет; оперативным смыслом он обладает, когда мы знаем, как им пользоваться — и только.) На языке семантического идеализма эта мудрость гласит так: мы знаем лишь синтаксические, а не семантические правила. По Бохенскому, безобразный, абстрактный характер современной физики есть, в конечном счете, доказательство ограниченных возможностей человеческого познания. Бохенский эклектически сочетает томистскую натурфилософию с неопозитивистской теорией познания и элементами гуссерлианства (учение об эйдосах).

²¹² Müller, H. «Theorie und Modelle in Naturwissenschaft». Kant-Studien, 1958/59, Bd. 50, Heft 1, S. 1—17.

²¹³ Op. cit., S. 16.

²¹⁴ I. Bochenski. «Die Zeitgenössische Denkmethode», München, 1959, S. 46.

Полный произвол в выборе моделей как операционалистски неопределяемых элементов физической теории провозглашал П. Бриджмен²¹⁵. Соответствие модели физической системе, по его мнению, является произвольным, а выбор той или иной модели осуществляется по «эстетическим соображениям». Следуя идеям, выдвинутым в работах Ч. Морриса²¹⁶, Г. Фрей²¹⁷ и Э. Дейца²¹⁸ трактуют модели как своего рода знаки, в чем-то подобные обозначаемому. Модели — «это — икона (icons). Икона — это знак, который имеет по крайней мере одно свойство того, что он обозначает»²¹⁹, пишет Дейц. Она придает понятию «отражение» очень узкий смысл. Это приводит к заключению, что модель есть в какой-то мере отражение действительности, а понятие — нет. Для того, чтобы передать смысл фразы «кот больше котенка», не надо ее написать в форме «КОТ больше котенка». Неучет качественного различия чувственной и логической форм отражения приводит Дейца к отрицанию отражения действительности в понятиях. Такой же узостью подхода страдает и интересная статья Г. Фрея.

Непроходимую стену между классической и современной физикой строит неокантианец Ф. Каульбах²²⁰. Он не отрицает познавательного значения моделей, наоборот, «без модельных представлений немыслимо развитие исследования природы»²²¹. Но физическая модель — это «образ воспринимаемых и ощущаемых объектов природы». Поскольку классическая физика, по Каульбаху, имела дело именно с такими объектами, то модели «понимались там реалистично», т. е. рассматривались как приближенные копии реально существующих вещей. Такую точку зрения Каульбах называет «реализмом моделей». Но с современной физикой такому реализму не по пути: «Современная физика не придерживается догматически этого реализма»²²². Каульбах в основном справедливо критикует метафизический материализм и показывает его несостоятельность в свете новой физики. Но критикуемый им метафизический материализм выдается Каульбахом за материализм вообще. Тем самым ограниченность метафизического материализма приписывается и диалектическому материализму с целью очередного «опровер-

²¹⁵ Bridgman, P. W. «The nature of physical theory». Princeton, 1936.

²¹⁶ Ch. W. Morris, «Foundations of the theory of signs», Chicago, 1938; «Signs, language and behavior», N. York, 1946.

²¹⁷ Frey, G. «Symbolische und ikonische Modelle», Synthese, 1960, nr. 2/3, S. 213—221.

²¹⁸ Daitz, E. «The picture theory of meaning» in «Essays in conceptual analysis», London, 1956, chapt. III.

²¹⁹ Daitz, E. op. cit., p. 60.

²²⁰ Kaulbach, F. «Die Anschauung in der klassischen und modernen Physik». Philosophia naturalis, 1958, 5, Nr. 1, S. 76—95.

²²¹ Op. cit., S. 67.

²²² Ibid., S. 69.

жения» его. Истолкование метафизическим материализмом противоположностей как взаимоисключающих дает Каульбаху повод повернуть корпускулярно-волновой дуализм против материализма. «Если квантовомеханический дуализм рассматривать как противоречие, которое следует устранить, то это было бы рецидивом реализма (*Rückfall in der Realismus*)», — пишет Каульбах²²³. Он и словом не упоминает о диалектическом материализме и его учении о единстве противоположностей, хотя, как явствует из других его работ, смысл и содержание марксистской философии ему довольно хорошо известны. Модели в микрофизике Каульбах трактует как лишенные познавательной ценности.

К подобному же выводу, хотя с иных исходных позиций, приходит и примыкающий к неопозитивизму польский философ И. Дамбска²²⁴. Она пишет: «В современной физике ... модели, будучи механическими или геометрическими построениями, потеряли эвристическое значение»²²⁵. Модели же, которые сохранились в современной физике, по мнению Дамбской, обладают только дидактической ценностью.

Понятие модели Дамбска определяет посредством изоморфизма структур. «Объект O является моделью $M(p)$ объекта O' тогда и только тогда, когда сознательный субъект, т. е. определенное лицо P , ставит объекты O и O' в соответствие таким образом, что структура S' объекта O' (или часть его) является изоморфным по отношению к структуре S объекта O »²²⁶. При этом отношение изоморфизма Дамбска рассматривает как нечто необъективное, как устанавливаемое субъектом, а не раскрываемое им.

Мысль о том, что претензия модели на отражение действительности является, вообще говоря, ошибкой, совершенной классической физикой, высказывал и Г. Мейер²²⁷. По его словам, ученые раньше думали, что их модели более или менее точно представляют то, что действительно происходит в природе, (т. е. думали материалистически), «хотя некоторые из них, например, Мах, осознали трудности такого ... взгляда на мир»²²⁸. А вот, в современной физике уже нельзя ставить, по Мейеру, и вопроса об отношениях мысленных конструкций, моделей с «метафизическими сущностями». Каким является мир без наблюдателя, об этом вообще ничего нельзя сказать, и поэтому «... физические теории не способны предсказать для нас ход природы, и

²²³ Ibid., S. 69.

²²⁴ D a m b s k a, I. «Le concept de modele et son role dans les sciences». *Revue de synthese*, 1958, 80, Nr. 13—14, p. 39—51.

²²⁵ Op. cit., p. 46.

²²⁶ Ibidem, p. 43.

²²⁷ Meyer, H. «On the heuristic value of scientific models». *BJPS*, 18, Nr. 2, 1951, p. 111—123.

²²⁸ Ibid., S. 114.

тот, кто думает, что они способны сделать это, просто переоценивает силу физической теории»²²⁹. Такой же взгляд высказывался уже несколько раньше в работах К. Дейча^{230, 231}, который склонен заменить познавательную ценность модели чисто психологической, сводимой к «инициации мысли» и «повторимости умственных операций». До логического конца — неприкрытого агностицизма — доводятся эти идеи в работе Э. Мей²³². Он начинает с «критики наивной теории науки», которая верит, что действительность сама по себе, т. е. независимо от восприятия и познания в чем-то сходится с картиной мира, даваемой наукой. Что касается моделей, вроде тех, которые были выдвинуты в работах Больцмана, Резерфорда, Бора и др., то они лишь ведут «к многочисленным ошибкам и путаницам (Irrungen und Wirrungen)».

Мей развивает своеобразный агностицизм, утверждая, что мир даже в самых элементарных своих проявлениях является настолько сложным, что не может отображаться ни в какой модели. Но, если дело обстоит так, в чем же вообще заключается смысл научного познания, в частности построения воображаемых моделей? Для того, чтобы понимать это, надо «... избавиться от старой реалистической теории отражения»²³³. Тогда, — объясняет Мей, — станет ясно, что модели — это элементы порядка, вводимого познающим субъектом в поток поступающих чувственных данных; они, как и принципы науки, устанавливаются субъектом. По Мейю, «... задача моделей состоит не в том, чтобы отражать многообразие какой-то предметной области, а в том, чтобы создать в этом запутанном и само по себе необозримом многообразии твердую почву и порядок (festen Fuss zu fassen und Ordnung zu schaffen)»²³⁴.

Трактовка модели, как явного анахронизма в теории свойственна не только субъективному, но и объективному идеалистам. Ф. Дессауэр, исходя из схемы «слоистой структуры бытия», разработанной объективно-идеалистической натурфилософией (Н. Гартман, А. Венцль), считает, что «... нет разумного основания ожидать, что ... модели подходят к вновь открытым слоям бытия» (Seins-Schichten)²³⁵, что современная физика система-

²²⁹ Ibid., p. 119.

²³⁰ Deutsch, K. W. «Some notes on the research on the role of models in the natural and social science», Synthese, VII, 1948/49. Nr. 6B, p. 506—533.

²³¹ Deutsch, K. W. «Mechanism, Organism and Society: some models in natural and social science». Philos. of science, 18, Nr. 3, 1951, p. 230—244.

²³² May, E. «Zur Entwicklung der Prinzipien und Grundmodelle wissenschaftlichen Denkens», in «Beiträge zur Einheit von Bildung und Sprache in geistigen Sein», Berlin, 1958, S. 418—424.

²³³ May, E., Op. cit., S. 422.

²³⁴ Ibidem.

²³⁵ Dessauer, F. «Naturwissenschaftliche Erkenntnis», Freiburg, 1958, S. 225.

тически отходит от модели, от наглядного. Прямой апологией фидеизма является статья Ф. Денцера²³⁶. Он резко выступает против отождествления модели с действительностью, стараясь создать впечатление, что так, мол, думают материалисты. Дальше он заявляет, что «на шаткой основе модельного (modellmässig) описания действительности не может быть построено мировоззрение»²³⁷. Он сопоставляет переход от наглядного к абстрактному в физической теории с аналогичным процессом «в другой области человеческих научных изысканий — теологии», а именно с переходом от антропоморфного, «модельного» бога к богу абстрактному. «Переход от атомной модели Бора к математической модели Шредингера представляется в этой связи как процесс демифологизации (Entmythologisierungsprozess), что предстоит и в теологии»²³⁸. Степень правильности «догматических моделей» оценивается по «уровню резонанса, вызываемого ими в сердцах людей». Словом, мы тут имеем дело с советами естественника теологу насчет того, как лучше обманывать верующих. Сорок лет назад Ленин предупреждал, что фидеизм продолжает паразитировать в науке, извращая ее в пользу религиозного мировоззрения. И именно о подобном Денцеру подташовнике он писал: «Это — реакционер прямой, сознательный, открыто помогающий эксплуататорам заменять старые и прогнившие религиозные предрассудки новенькими, еще более гаденькими и подлыми предрассудками»²³⁹.

Денцеру вторит воинствующий фидеист Никель²⁴⁰. Нет необходимости разбирать всю его низкопробную софистику, достаточно привести его собственную сводку: «Мы видим, к каким следствиям приводит образование моделей: собственно материальное, дым, из которого Metaphysis (читай: бог Л. В.) выдувает свои фигуры, все меньше участвует в явлениях (атомной физики. Л. В.), оно превращается в чистую форму...»²⁴¹. И дальше: «Сам субстрат мира, который распоряжается всеми феноменами, энтелехиальный план, в конечном счете идея бога есть творчество духовное (geistiger Prägung) и не может как феномен попасть в руки исследователя природы»²⁴². Если большинство идеалистов протаскивают боженьку тайком, с черного хода, то Никель его проводит через парадную. При этом он не против опираться на авторитет «самой науки», несмотря на то,

²³⁶ D än z e r, H. «Die Rolle des Modells und des bildhaften Denkens in der naturwissenschaftlichen Forschung», *Physikalische Blätter*, 1960, Bd. 16, Heft 6, S. 305—309.

²³⁷ Op. cit., S. 305.

²³⁸ Ibidem, S. 308.

²³⁹ Ленин В. И., *Сочинения*, т. 33, стр. 205.

²⁴⁰ Nickel, E. «Das physikalische Modell» und die «metaphysikalische Wirklichkeit», Basel, 1952.

²⁴¹ Ibidem, S. 41.

²⁴² Ibid., S. 47.

что наука, по Никелю, способна только к наблюдениям, а не к интерпретации! Подобные же идеи, но не в такой карикатурной форме, можно найти также в работах неотомистов А. Кэйперса²⁴³ и Э. Колдина²⁴⁴. Объективные идеалисты вполне согласны с тем, что модели ни в коем случае не являются «копиями фундаментальных реальностей природы»²⁴⁵, исходя из иных соображений, чем идеалисты субъективные, утверждающие, правда, то же самое. Неотомисты видят причину необъективности содержания модельного представления в непознаваемости, сверхестественности «фундаментальных реальностей». Для идеалиста субъективного «реальность» есть лишь условное название для чувственных впечатлений. Поскольку модель складывается из этих же данных, то опять «снимается» вопрос об ее объективном соответствии действительности.

Идеалистическому пониманию моделей большинство выдающихся физиков капиталистических стран противопоставляет стихийно-материалистическое толкование модели как своеобразного приближенного отражения объективной реальности. Мы уже показали материалистическую в основном направленность взглядов Герца, Лоренца, Борна, Ланжевена и Эйнштейна на познавательную роль моделей. Некоторые сдвиги в сторону материализма в этом вопросе наблюдались в последних работах Шредингера. Если раньше²⁴⁶ он считал, что «ни о какой истинности нашего познания не может быть и речи, никаких истинных моделей принципиально не может существовать; научное познание может быть лишь адекватным», — то позднее он уже возражал позитивистам: «Зачем вся эта экспериментальная суeta, если мы не имеем дела с подлинно реальными данными, фактами, так сказать, во плоти, а только воображаемыми данными»²⁴⁷.

С материалистических позиций выступал по вопросам методологии науки известный голландский физик Д. ван Дантциг. Он неоднократно останавливался на проблеме моделей. В своей работе, посвященной анализу этапов развития естественнонаучных теорий²⁴⁸ он подвергает резкой и аргументированной критике неопозитивистское понимание науки как системы слов и символов, подчиненной только формальным ограничениям.

²⁴³ Kuipers, A. M. «Model en Inzicht», Groningen, 1959; «Model and Insight», Synthese, XII, Nr. 2/3, 1960, p. 249—256.

²⁴⁴ Caldin, E. F. «The Power and Limits of Science», London, 1949, p. 21—22, 24, 42.

²⁴⁵ Ibidem, p. 22.

²⁴⁶ Schrödinger, E. «Science and humanism», Cambridge, 1952 (впервые опубликован в 1928 году).

²⁴⁷ Schrödinger, E. «The philosophy of experiment», Nuovo Cimento, 1955, Nr. 1, p. 8.

²⁴⁸ Van Dantzig, D. «General procedures of empirical science», Synthese, V, Nr. 9/10, 1947, p. 441—449.

Он рассматривает процесс перехода от простого к сложному, единичного к общему при помощи «регуляризации». Под этим подразумевается пренебрежение, во-первых, малыми, и, во-вторых, редкими (хотя большими) отклонениями от закономерности в результате измерения и наблюдения. На ранних этапах исследования строится регуляризованная модель, в которой часть «действительных» данных заменяется фиктивными. Это приводит к раскрытию общей закономерности или тенденции изучаемого явления. В регуляризованной модели она не маскируется отклонениями, вызываемыми частностями, которые подлежат расшифровке на следующей ступени, где учитываются более тонкие детали с целью раскрытия сущности второго порядка и т. д.²⁴⁹ Построение регуляризованной модели рассматривается ван Дантцигом как исключительно важная научная процедура. Он понимает диалектический характер развития научной теории. Ван Дантциг отмечает, что регуляризованная модель «должна удовлетворять двум противоречивым условиям: 1) она должна быть достаточно регулярной, чтобы охватывать и допускать исследование достаточно широкой области явлений; 2) она должна оставаться достаточно близко к иррегулярным данным наблюдения» (т. е. модель должна допускать естественным образом модификацию, которая включает в рассмотрение и те детали, которые не учитываются первоначальной моделью) История науки показывает общую тенденцию от простой исходной модели к более сложной...»²⁵⁰.

Ван Дантциг подвергает критике кантианское раздвоение мира на «мир в себе» и «мир для нас», проводимое в книге Эддингтона «Природа физического мира». По Эддингтону, наука имеет дело только с миром наших чувственных данных и она абсолютно некомпетентна в вопросах, относящихся к реальному миру. Ван Дантциг показывает, что Эддингтон необоснованно отождествляет конструирование модели с конструированием самого мира, рассматривая последний как результат познавательной активности человека. Он не без иронии отмечает, что если последовательно придерживаться взгляда Эддингтона, то и он (т. е. сам Эддингтон) станет перед нами в двух экземплярах: один — субстанциональный, другой — иллюзорный. Ван Дантциг показывает, что данные измерения (pointer readings) бессмысленны, если они не трактуются как характеристики реального мира. «Как бы ни важно для шкипера падение барометра, он намного больше обеспокоен самим тайфуном»²⁵¹.

²⁴⁹ Детальнее о процессе регуляризации см. D. van Dantzig, *Wiskunde, Logika en Ervaringswetenschappen*, Syllabus Studium Generale, 1946, bl. 71—104.

²⁵⁰ Van Dantzig, D. «General procedures of empirical science», *Synthese*, V. Nr. 9/10, 1947, p. 445.

²⁵¹ Там же.

Ван Дантциг отвергает не только субъективно-идеалистические *sense — data — theories*, но и крайний рационализм, отмечая, что они вырастают из общего корня. Он прав: метафизическая философия — вот тот общий корень, не дающий многим естественникам возможности понимать соотношения наглядных и абстрактно-логических элементов в сложном и противоречивом процессе возникновения физической теории. В своей поздней популярной статье о роли моделей в познании Ван Дантциг подчеркивает важность чувственной схематизации как для исследования абстрактных проблем, так и для их изложения в процессе преподавания²⁵².

Материалистическую трактовку познавательной роли моделей мы встречаем в статье основоположников кибернетики Розенблюта и Винера²⁵³. Правда, анализ реального процесса познания у них довольно тривиальный, так как они с самого начала исходят из сильно схематизированного понимания познания как изучения структуры «черного ящика»²⁵⁴. Но тем не менее такие аспекты модели как ее абстрактность и приближенный характер авторами раскрываются правильно.

С материалистической позиции подходит к решению интересующей нас проблемы Р. Харре²⁵⁵. Он определяет понятие модели следующим образом: «Модель а вещи А — один из многих возможных способов копии или аналогии А»²⁵⁶. Он классифицирует модели на 1) микроморфы (масштабная модель) и 2) параморфы (модели, основанные на аналогичности законов различных областей явлений). Сюда Харре включает и воображаемые модели, отмечая, что параморфы «... не должны быть выполнены конструктивно, чтобы обеспечить наше мышление действенной поддержкой»²⁵⁷. Разработка научной теории, по Харре, происходит на трех этапах²⁵⁸. На первом этапе устанавливаются принципы, которые лежат в основе намечаемой модели. На втором этапе строится математическое описание модели, на третьем, заключительном этапе происходит интерпретация полученных результатов, «перенос» свойств и отношений, открытых в модели, на действительность. С таким расчленени-

²⁵² Van Dantzig, D. «Het wiskundige Model in de Ervaringswetenschappen», Euclides, 1953, 29, bl. 35—41; см. тоже его работу: «On the geometrical representation of elementary physical objects and the relations between geometry and physics», Nieuw. arch. wiskunde, 1954, 2, Nr. 2/3, p. 73—89.

²⁵³ Rosenblueth, A., Wiener, N. «The role of models in science», Philosophy of Science, 12, Nr. 4., 1945, p. 316—321.

²⁵⁴ В рассматриваемой работе, как и ряде других ранних работ, вместо общепринятого ныне термина «black-box-problem» применяется термин «closed-box-problem».

²⁵⁵ Harre, R., «An introduction to the logic of the sciences», London, 1960.

²⁵⁶ Ук. соч., стр. 86.

²⁵⁷ Там же, стр. 87.

²⁵⁸ Здесь Харре почти буквально следует идеям, изложенным раньше в книге Тульмина. См. Toulmin, S. «The philosophy of science», 1953.

ем процесса применения модели можно согласиться. Однако Харре не делает попытки более детального анализа указанных им этапов. Харре правильно подчеркивает, что теория не может чисто дедуктивно вытекать из констатации фактов, что кроме фактов требуется соответствующая модель, описание которой, связанное с описанием фактов, охватываемых теорией, дает основу научного объяснения. Но последовательный анализ применения модели как методологического приема недоступен Харре в силу метафизической ограниченности его понимания процесса познания в целом. Это может быть осуществлено только с позиции гносеологии диалектического материализма.

Однако марксистами проблема моделей исследовалась пока мало. Значительный интерес представляют мысли, высказанные по этому вопросу С. И. Вавиловым — крупным физиком и прекрасным знатоком диалектического материализма. С. И. Вавилов справедливо подчеркивает, что новые теории используют в определенных пределах методологический аппарат классической физики, в том числе и модели. Он пишет: «Новая физика обнаружила перед нами круг явлений, для которых механическую модель построить не удается. Можем ли мы тем не менее строить физические теории для объяснения явлений такого рода? Несомненно... Как же строятся такие теории? Это сложный путь комбинации экспериментальных данных, математических гипотез, экстраполяций и осторожного качественного применения классических представлений и моделей»²⁵⁹ (подчеркнуто мной Л. В.). Раскрывая содержание метода математической гипотезы, Вавилов снова отмечает, что «В действительной работе математическая гипотеза регулируется приближенными модельными представлениями и рудиментами классических представлений»²⁶⁰. Близкую этой точку зрения высказывает и В. А. Штофф в работе, посвященной моделям в квантовой механике²⁶¹. В. А. Штофф считает существенными признаками модели ее наглядность, наличие элемента абстракции, научной фантазии, использование аналогий и элемента гипотетичности. С этим приходится согласиться. Из указанных существенных сторон модели В. А. Штофф детально рассматривает наглядность, которая понимается как свойство отражения действительности в форме чувственно-конкретных образов. Он подвергает справедливой критике упрощенно-вульгарное и идеалистическое представление о наглядности как о привычке мышления и указывает, что именно на-

²⁵⁹ Вавилов С. И. Собр. соч., III, М., 1956, стр. 95—96.

²⁶⁰ Вавилов С. И. «Ленин и физика», М., 1960, стр. 74.

²⁶¹ В. А. Штофф. О роли моделей в квантовой механике. Вопросы философии, 12, 1958. Критика этой точки зрения А. А. Зиновьевым и И. И. Ревзиным (Вопр. фил. 1, 1960, стр. 83) необоснованная, так как они понимают термин «модель» в существенно различном смысле.

глядность, связанная с ограниченностью чувственного познания, ограничивает применимость моделей в микрофизике.

Диалектику развития познания в связи с построением мысленных моделей рассматривает известный немецкий марксист Г. Клаус²⁶². Он подчеркивает, что построение модели есть шаг дальше в образовании теории по сравнению с наблюдением и экспериментом, так как последние всегда направлены на частное или единичное. Модель рассматривается Клаусом как форма разрешения диалектического противоречия между теорией и практикой. При построении модели абстрагируются от второстепенного, несущественного. Недостаточность или односторонность модели обнаруживается при сравнении вытекающих из нее следствий с практикой, экспериментом. Исходной точкой для новых успехов являются как раз те пункты, в которых откажут старые модели, так что история применения моделей есть в то же время и история отказа от них²⁶³.

Роль модели как связывающего члена между теорией и практикой подчеркивается и в статье Ж.-П. Вижье²⁶⁴. На примере истории атомной теории Вижье показывает, что модели являются путеводной нитью Ариадны, приводящей к открытию новых свойств вещей; но эти открытия, в свою очередь, приводят к модификации исходной модели и т. д. С этими общими соображениями нельзя не согласиться.

Мысленная модель рассматривается материалистами-диалектиками как приближенное отражение объективной реальности. Именно в этом проявляется коренная противоположность материалистического понимания познавательной роли моделей идеалистическому пониманию. Но материалистическое решение основного вопроса философии является лишь основой для разработки теории моделей, раскрывающей специфику и особенности этой формы отражения. Некоторые частные вопросы такой теории будут нами рассматриваться в следующей главе.

²⁶² Klaus, G. «Die Rolle des Modells in der Kybernetik», Forum, naturwissenschaftliche Beilage, Nr. 42, 1960.

²⁶³ См. тоже: «Arzt und Philosophie», Berlin, 1961, S. 98—100, 105—106, 142—143.

²⁶⁴ Vigier, J-P. Quelques problèmes physiques posés par les thèses de Lénine» Pensee, 1954, Nr. 57, p. 60—66.

Глава III

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИАЛЕКТИКО-МАТЕРИАЛИСТИЧЕСКОГО ПОНИМАНИЯ РОЛИ МОДЕЛЬНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ В ПОЗНАНИИ.

§ 1. Взаимодействие чувственного и логического

Общая структура процесса развития человеческого познания выяснена классиками марксизма и с предельной четкостью сформулирована Лениным: «От живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике — таков диалектический путь познания истины, познания объективной реальности.»²⁶⁵ Однако детализация этой схемы во всех пунктах является нелегкой задачей. Сложная проблема возникновения научной теории и связи абстрактного с конкретно-чувственным, наглядным всегда служила почвой для идеалистических спекуляций (конвенционализм Пуанкаре, фикционализм Файхингера и Нюмана, интуитивизм Бергсона и т. д.). Даже крупные ученые — стихийные материалисты не смогли дать последовательно материалистического толкования этой проблемы, так как это невозможно без сознательного применения диалектики. Так, например, Эйнштейн считал, что «...ошибаются те теоретики, которые думают, что теория вытекает индуктивным путем из эксперимента.»²⁶⁶ В этом он, безусловно, прав. Эйнштейн соглашается и с тем, что ничего априорного в познании нет; но он не видит пути от чувственного к абстрактному, от наблюдения к теории, считая такой путь «трансцендентным» в том смысле, что он не поддается рациональному объяснению и анализу. Он писал: «Никто, кто углубился в предмет (теоретической физики Л. В.), не станет отрицать, что мир восприятий практически однозначно соответствует теоретической схеме, но тем не менее никакой логической путь не ведет от восприятий к основоположениям теории.»²⁶⁷ По мнению Эйнштейна, связь между чувственным и абстрактным «чисто интуитивная и сама по

²⁶⁵ Ленин В. И., Сочинения, т. 38, стр. 161.

²⁶⁶ Einstein, A. «The method of theoretical physics», Oxford, 1933, p. 3.

²⁶⁷ Einstein, A. «Mein Weltbild», Zürich, 1953, S. 168—169.

себе не имеет логической природы». При таком понимании процесс возникновения научной гипотезы и теории, процесс творческого мышления вольно или невольно приобретает некоторый мистический оттенок. На самом деле этот процесс поддается анализу средствами логики и психологии. Эйнштейн, конечно, прав в том смысле, что нельзя дать какого-то формального алгоритма, который в любом конкретном случае привел бы однозначно к теоретическим построениям. Переход от чувственного к логическому, от данных измерения к теории есть диалектический скачок, конкретный противоречивый характер которого определяется как спецификой изучаемого предмета, так и исторически сложившимся и проявляющимся через деятельность данного ученого общетеоретическим фоном (например, наличие или отсутствие адекватного математического аппарата и т. д.). «Чем отличается диалектический переход от недиалектического? Скачком. Противоречивостью. Перерывом постепенности. Единством (тождеством) бытия и небытия»²⁶⁸. В этом сложном процессе перехода конкретно-чувственное преобразуется в образы более обобщенные, более глубоко отражающие действительность. Благодаря этому становится возможным теоретическое познание и научное предсказание. Развитие марксистской теории познания и методологии науки требует детального изучения звеньев этого перехода. Имея в виду выяснение «статуса» модельных представлений в научном познании, мы считаем необходимым обратить внимание на следующие моменты.

Необходимо более детально разработать в теории познания проблему взаимодействия как отдельных форм чувственного познания, так и чувственного и логического в целом. Это может быть сделано на основе обобщения данных психологии. К сожалению, характеристика психологических моментов в теории познания, в частности, характеристика форм чувственного познания в учебных курсах марксистской философии сводится к тривиальным истинам. Незавершенность психологической стороны теории познания (а В. И. Ленин, как известно, указал, что психология является одной из тех отраслей знания, из которых должна сложиться теория познания и диалектика) оставляет открытой дверь дуалистическому и идеалистическому пониманию процесса познания. Совершенно прав крупный советский психолог Б. Г. Ананьев, упрекая философов в поверхностном подходе к проблемам чувственного познания (определение ощущений вообще, безотносительно к их модальности, неучет новых видов ощущений, открытых психологией и т. д.)²⁶⁹. Психология, развитая на материалистической основе, есть для

²⁶⁸ Ленин В. И., Сочинения, т. 38, стр. 279.

²⁶⁹ Ананьев Б. Г. «Психология чувственного познания». Изд. АПН РСФСР, Москва, 1960, стр. 16 и дальше.

теории познания нечто большее, чем только источник примеров и иллюстраций к основным положениям теории отражения. В работах по теории познания рассматривается главным образом переход от чувственного к логическому, а не их взаимодействие; чувственное при этом вырождается в промежуточное звено, которое лишь доставляет материал для мышления, но не принимает в нем непосредственного участия. Обратное влияние логического на чувственное почти не рассматривается. Но ведь И. П. Павлов обращал неоднократно внимание на влияние второй сигнальной системы на первую. Мы подчеркиваем, что такая «обратная связь» является немаловажной для теории познания; в частности, без учета ее нельзя понимать роли мысленной модели в познании.

Итак, нам кажется, что необходима «психологизация» теории познания, но совсем не в том смысле, чтобы свести теорию познания к психологии или растворить теоретико-познавательную проблематику в психологических деталях. Мы считаем лишь, что необходима более глубокая интеграция данных психологической науки в марксистской теории познания. Выполнение этой задачи не может быть достигнуто настоящей работой или вообще усилиями одного исследователя. Мы лишь попытаемся показать необходимость такого синтеза на конкретном примере физико-теоретической мысленной модели (модельного представления). С психологической точки зрения эти модели характеризуются как общие представления, обогащенные результатами логического абстрактного познания. Оказывается, что чувственный момент не есть что-то переходящее в познание, а всегда наличествует в нем. Но раньше, чем вернуться к этой основной для нас проблеме, мы коротко рассмотрим как ставится вопрос о связи психологии и теории познания в некоторых течениях буржуазной философской мысли эпохи империализма. При этом выясняются, с одной стороны, причины невозможности синтеза указанных областей знания вне диалектического материализма, а с другой стороны, выдвигаются некоторые позитивные идеи для решения рассматриваемой проблемы.

Как известно, в буржуазной философии шла и идет борьба между психологизмом и антипсихологизмом, как между двумя метафизическими крайностями. Психологи абсолютизировали психологический аспект теории познания, пытаясь свести ее к психологии. Особенно претенциозен был в этом вопросе Циген, взгляды которого основательно критиковались Лениным. Ленин показал, что новейшая «психофизиологическая теория познания» Цигена есть не что иное как эпогонство берклеанской гносеологии, украшенное сверхмодной терминологией. Циген рассматривал представление как «редуцированное ощущение», содержанием которого, т. е. тем, что в нем отражается, является наши ощущения, а не объективный внешний мир.

Антипсихологизм в новейшей буржуазной философии опирается на учение Гуссерля, который видел цель своей «феноменологии» в изучении несуществующего «чистого сознания». Под влиянием гуссерлианства формировалась вюрцбургская школа психологов (Кюльпе, Ах, Бюлер и др.), которая попыталась доказать, что наглядные элементы не играют роли в человеческом мышлении, что последнее носит «безобразный» характер и является таким духовным актом, который не связан с чувственными образами объективного мира. Эксперименты, поставленные с целью обоснования такой точки зрения (чтение афоризмов Ницше и регистрация тех ассоциаций, которые ими вызываются) явно порочны методологически, что подчеркивалось и в буржуазной философской литературе²⁷⁰.

Известно, что феноменология Гуссерля была в какой-то мере рационалистической реакцией на позитивизм. Однако теория познания всех разновидностей позитивизма, особенно логического, носит тоже антипсихологический характер. Теория познания сводится позитивистами к теории знания, к логике. Реальный сложный процесс познания тут совершенно ускользает от исследования. Такой подход фактически отрицает собственно теоретико-познавательную проблематику, пренебрегая ее генетическим аспектом, ограничивается лишь анализом результата познания, взятого в отрыве от самого процесса его становления. В этом плане основой позитивизма как субъективно-идеалистической философии является метафизическое понимание познания. «Мы должны, — учит В. И. Ленин, — не предполагать готовым и неизменным наше познание, а разбирать, каким образом из незнания является знание, каким образом неполное неточное знание становится более полным и более точным»²⁷¹.

Интересная попытка построить теорию познания и методологию науки на основе синтеза психологии и логики предпринята «Международным центром по генетической эпистемологии» (Женева) во главе с Ж. Пиаже, Л. Апостелем и Б. Мандельбротом. Они противопоставляют своей метод логическому эмпиризму, исходя, в основном, из материалистических позиций. Они используют широкий экспериментальный материал по изучению развития и усложнения операций мышления, толкуемых как внутренние (интериоризированные) действия субъекта. Генетические эпистемологи считают, что все уровни приобретения знания предполагают активность субъекта, которая обуславливает действие различных логических структур²⁷².

²⁷⁰ Fischer, A. «Die philosophischen Grundlagen der wissenschaftlichen Erkenntnis. Wien, 1947, S. 46.

²⁷¹ Ленин В. И. Сочинения, т. 14, стр. 91.

²⁷² Piaget, J. «Perception, apprentissage et empirisme». *Dialectica*, vol. 13, nr. 1, 1959, p. 6.

Они широко используют математическую логику, интерпретируемую как «формальная теория операций мысли»²⁷³. Представителями этого направления подчеркивается неразрывное единство чувственного и логического. Они высказываются против постулируемого неопозитивистами «уровня чистого наблюдения», якобы свободного от любой интерпретации, от неэмпирических моментов. Их исследования по генезису мыслительных операций²⁷⁴, безусловно, представляют интерес для диалектико-материалистической теории познания. Однако, поскольку диалектика рассматривается представителями этой школы как только метод мышления, а не как закономерность объективного мира (т. е. только в субъективном плане), то выводы их страдают односторонностью, преодоление которой возможно только в системе диалектического материализма.

В познании закономерностей объективного мира конкретно-чувственное и абстрактное выступают в неразрывном единстве как стороны, моменты единого познавательного процесса. Это единство состоит не только в том, что чувственное, наглядное входит сюда как исходное, а логическое как следующее за ним, а в другом, более глубоко смысле. Чувственное и абстрактное познание не разделены строго во времени, а выступают в диалектическом единстве на всем протяжении процесса познания, взятого в целом. Только исходя из такого понимания, становится возможным раскрытие познавательной роли модели как познавательного образа. Диалектическую противоречивую связь чувственного познания и мысли не следует понимать как связь поочередно сменяющихся умственных деятельностей субъекта, при которых каждая из этих сторон остается себестождественной, а именно как внутреннюю связь взаимопроникающих, переплетающихся моментов, сторон единого познавательного процесса. Дело в том, что в процессе познания чувственная его сторона все время обогащается в результате этого процесса как целого. Отвлеченное содержание его, раскрываемое мышлением, как бы возвращается в сферу чувственного, откладывается в нем и, таким образом, открывается путь к такой чувственно-конкретной схематизации действительности, какая была невозможна раньше. С таким явлением мы неоднократно встречались в предыдущих главах настоящей работы: элементы некоторой воображаемой модели могут получить отличное от первоначального истолкование, в силу чего модель распространяется на ненаглядные явления и объекты. С психологической точки зрения такое «обогащение чувственного» касается в первую оче-

²⁷³ Piaget, J. «Traité de logique», Paris, 1949, p. 9.

²⁷⁴ Piaget, J. «Introduction à l'épistémologie génétique», vol. I—III. Paris, 1950; «Les modèles abstraits sont-ils opposés aux interprétations psycho-physiologiques dans l'explication en psychologie?» Revue de psychologie, vol. XIX, n° 1, 1960, p. 57—66.

редь представления как переходной ступени от чувственного познания к логическому, а в меньшей мере и восприятия. Как указывал С. Л. Рубинштейн, это видно уже при сопоставлении восприятий показания какого-нибудь научного прибора человеком, ничего не знающим о явлениях, отражаемых в показаниях прибора, с восприятием ученого, умеющего истолковать эти показания. «Те же чувственные впечатления приобретают в последнем случае новое значение, в них воспринимается новое объективное содержание»²⁷⁵.

С. Л. Рубинштейн, анализируя понятие образа, частным случаем которого является мысленная модель, пишет, что «...он подвергается как бы определенной ретушировке; на первый план выступают те черты его, которые связаны с его значением, остальные для него несущественные, случайные, побочные отступают на задний план, стусеиваются, сходят на нет. В результате образ становится все более совершенным носителем мысли, в самом чувственно-наглядном своем содержании все адекватнее отображающим ее значение...»²⁷⁶. В. Н. Сагатовский, анализируя связь понятий с чувственными образами, на наш взгляд, убедительно доказывает, что все исходные элементы языкового мышления должны быть поняты как образы действительности²⁷⁷. Близкие к этому идеи встречаются и в некоторых новейших работах зарубежных исследователей психологии творческого мышления²⁷⁸.

При решении даже очень отвлеченных проблем мы нередко успешно пользуемся «поддержкой» определенных чувственных, модельных образов. «Чувственные элементы, включенные в отвлеченное мышление, то и дело выступают в виде чувственных схем, интуитивных решений отвлеченных проблем и т. д.»²⁷⁹. Известно, например, что в связи с проблемой алгоритмической разрешимости возникла необходимость анализа и уточнения самого понятия алгоритма. Это уточнение состоит в определении алгоритма в терминах общей теории вычислительных машин прерывного действия как «машин» Тьюринга с бесконечной лентой. Хотя это не есть реально существующая машина, тем не менее она представима, и это очень важно для развития познания. «Недаром конструктивные моменты математики с самого возникновения этой науки были связаны с теми или иными приборами и инструментами», — пишет по этому поводу

²⁷⁵ Рубинштейн С. Л. «Бытие и сознание», Москва, 1957, стр. 71. См. тоже: N. Hartmann. «Philosophie der Natur», Berlin, 1950, S. 463—464.

²⁷⁶ Рубинштейн С. Л. «Основы общей психологии», Москва, 1940, стр. 292.

²⁷⁷ Сагатовский В. Н. «Чувственные основы понятий», Вопросы философии, № 1, 1962, стр. 123—133.

²⁷⁸ Gordon, W. J. «Synectics. The development of creative capacity». N. York, 1961.

²⁷⁹ Рубинштейн С. Л. «Бытие и сознание», Москва, 1957, стр. 71.

крупный советский ученый в области математической логики С. А. Яновская²⁸⁰.

Роль наглядных элементов в процессе математического творчества исследуется в интересной и содержательной работе известного математика Жака Адамара²⁸¹. Опираясь на психологические исследования Бине, Дюельсгауверса, Титченера, Делакруа и Варендонка и собственные долгие наблюдения, Адамар приходит к выводу, что «1) помощь образов (имеются в виду общие представления Л. В.) абсолютно необходима для протекания моего мышления. 2) Я никогда не был обманут и даже не опасался быть обманутым ими»²⁸². Хотя второе утверждение представляется преувеличением, нет сомнения в общезначимости идеи, выдвинутой в первом.

Эйлер, чтобы объяснить «немецкой принцессе» свойства силлогизма, придумал свои известные диаграммы. Адамар подчеркивает, что он пользуется аналогичными представлениями и диаграммами всегда, когда проверяет логическую правильность силлогистического вывода: «Слова едва ли дали бы мне возможность видеть, правилен или ложен силлогизм»²⁸³. Адамар ссылается и на аналогичные самонаблюдения Эрмита, Римана, Галуа и других математиков. Наглядный характер математических построений как в плане их исторического возникновения, так и индивидуального процесса мышления упоминается и Г. Вейлем²⁸⁴. Чувственная основа проглядывает и в такой наиболее абстрактной математической дисциплине как топология, одним из исходных понятий которой является понятие соприкосновения фигур (тел). Как известно, преобразование геометрической фигуры, при котором отношения соприкосновения не разрушатся, является непрерывным; если они и не возникают вновь, то преобразование является топологическим.

В плане исследования взаимосвязи наглядных моделей и мышления в понятиях значительный интерес представляет характеристика научно-творческого мышления, данная Эйнштейном. Он пишет: «Слова языка, так как они пишутся или произносятся, по-видимому, не играют значительной роли в моем механизме мышления. Психические сущности, которые, как мне кажется, представляют собой элементы мысли — это определенные знаки и более или менее ясные представления — образы,

²⁸⁰ Яновская С. А. «О некоторых чертах развития математической логики и отношении ее к техническим применениям». Сборник «Применение логики в науке и технике», Москва, 1960, стр. 14.

²⁸¹ J. Hadamard «The psychology of invention in the mathematical field». Dover Publications, 1960.

²⁸² Hadamard, J. op. cit., p. 74.

²⁸³ Ibidem, p. 76.

²⁸⁴ Weyl, H. «Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft», München — Berlin, 1927, Teil I.

которые как бы «свободно» порождаются и комбинируются. Естественно, существует связь между этими элементами мышления и соответствующими логическими понятиями. Стремление в конечном счете прийти к ряду логических связанных одно с другим понятий служит эмоциональным базисом довольно неопределенной игры с вышеупомянутыми элементами мышления. Психологически эта игра комбинирования является существенной основой продуктивного мышления. Ее значение основано прежде всего на некоторой связи между комбинируемыми образами и логическими конструкциями, которые можно представить с помощью слов и таким образом получить возможность сообщить их другим людям».²⁸⁵ Эйнштейн подчеркивает визуальный в основном характер этих образов. Образы эти иногда близки к изучаемому явлению, а иногда символизируют его (образ волнующегося моря, отчасти описывающий электромагнитные колебания; движущиеся стержни-шкалы, изображающие системы отсчета и т. д.). Эйнштейн говорит и о сочетании зрительного и моторного компонентов в образах. Этот результат самонаблюдения подтверждается косвенно и психологическими исследованиями.²⁸⁶

Представление, как ступень познания, устанавливает определенное отношение между представляемым объектом и субъектом. Но это отношение не тождественно тому отношению, которое устанавливается непосредственным воздействием объекта на периферический чувственный аппарат; это — отношение преобразованное, обобщенное, осмысленное, в нем потенциально существует и актуализируется возможность отображения таких свойств и аспектов действительности, которые не выступают в ощущениях и восприятиях. В этом плане общие представления непосредственно связываются с дискурсивным мышлением. Известный французский психолог А. Валлон, примыкающий к школе Пиаже, пишет по этому поводу: «Статические различия (образа и понятия Л. В.) изолируют с помощью своего рода мертвой препарации неразрывные моменты интеллектуального акта. Образы и понятия взаимно содержат друг друга. Потенциально они находятся одни в других. Движение мысли между ними — это не настоящее перемещение, это серия дополняющих ориентаций. Образная сторона — опора мысли на сенсорный или материальный аспект вещей. Понятийная сторона — опора сенсорного на принцип вещей, на то, что выходит за пределы их мгновенной видимости и делает их существующими».²⁸⁷

Наглядные чувственные элементы — это отправной пункт

²⁸⁵ Hadamard, J., op. cit., Appendix II, p. 142—143; Einstein, A. «Ideas and opinions», London, 1956, p. 25—26.

²⁸⁶ Зинченко В. П. «Движения глаз в формировании образа», Вопросы психологии, № 5, 1958, стр. 63.

²⁸⁷ Валлон А. «От действия к мысли», Москва, 1956, стр. 228.

всякого теоретического мышления. Но в процессе мышления понятия всегда взаимопроникаются наглядными моментами, общими представлениями. «... наглядный образ может быть носителем смыслового содержания и выполнять более или менее значительные функции в мыслительном процессе... наглядные элементы включаются в мыслительный процесс... в виде образных представлений и в виде схем, которые как бы антиципируют и предвосхищают словесно еще не развернутую систему мыслей.²⁸⁸ Показано, например, что в исследовании конкретной ситуации (например, в шахматной игре²⁸⁹) возникают как выраженные в понятиях, так и «наглядные» идеи. Общие представления являются здесь важной формой отражения, сильно сокращая мыслительную работу.

Представление, будучи объектом изучения как психологии, так и гносеологии, имеет в рамках этих наук различные аспекты. В. П. Бранский в своей диссертации отмечает, что в психологии представление выступает как момент образной памяти, как воспроизведение уже познанного, а в философии — как момент самого познания. Но такое их противопоставление, конечно, не имеет исключаяющего характера. Прав Б. Г. Ананьев, который пишет, что «... представление является одновременно синтезом чувственных образов и стороной мыслительного процесса.»²⁹⁰ Главный теоретико-познавательный вопрос, который встает в связи с представлением — это вопрос о том, что оно отражает, каково его предметное содержание. Субъективно-идеалистическая теория познания, равно как и психология, развиваемая на ее базе, утверждает, что представления отражают наши ощущения, которые рассматриваются как единственно данные последние «элементы мира». Диалектико-материалистическая теория познания, в полном согласии со всей человеческой практикой, доказала, что представления только возникают на базе ощущений и восприятий (причем последние не являются единственными источниками формирования представлений). Содержанием их является сама предметная действительность; проблема адекватности отражения может быть решена только практикой.

«... вне нас существуют вещи. Наши восприятия и представления — образы их. Проверка этих образов, отделение истинных от ложных дается практикой.»²⁹¹ Такая трактовка представлений и человеческого познания вообще вытекает из материалистического решения основного вопроса философии, и как

²⁸⁸ Рубинштейн С. Л. «Принципы и пути развития психологии». Москва, 1959, стр. 61.

²⁸⁹ Блюменфельд Б. М. «К характеристике нагляднодействующего мышления». Известия АПН РСФСР, 1948, № 13.

²⁹⁰ Ананьев Б. Г. «Психология чувственного познания», Москва, 1960, стр. 21.

²⁹¹ Ленин В. И. Сочинения, т. 14, стр. 96.

мы неоднократно указывали в предыдущих главах, её всегда придерживались (сознательно или стихийно) материалистически настроенные естествоиспытатели.

Физико-теоретическая модель как представление характеризуется ее общностью. Такое общее представление не есть результат мысленного восстановления какой-то конкретной, частной ситуации со всеми ее моментами. Модель есть представление, в которое чувственные данные входят не в «натуральном» виде, а переработанными таким образом, что на первый план выступают и приобретают наибольшее постоянство основные, существенные черты изучаемого предмета как представителя определенного класса предметов. В результате влияния логической ступени познания (переосмысливания чувственных элементов, почерпнутых из непосредственного опыта) в модельном представлении отражаются и такие предметы и их свойства, которые не могут быть объектом непосредственного созерцания. Непосредственно-чувственные образы, которые служат «материалом» при образовании модельных представлений, теряют в этом процессе непосредственную связь с их генетическим прообразом; те специфические их признаки, которые не отражают свойства моделируемого объекта, как бы «подавляются», уходят на задний план. В психологическом аспекте проблема воображаемых моделей — это проблема о возникновении и функционировании общих представлений, их связи с восприятиями и дискурсивным мышлением.

Обобщенный характер представления подчеркивался уже И. М. Сеченовым, который, показывая несостоятельность понимания представления в гербартианском духе, указывал, что сходные впечатления регистрируются в памяти слитно, а не отдельными экземплярами.²⁹² Представление есть динамическое образование; оно есть «функция нескольких переменных», в силу чего оно приобретает широкие возможности для репрезентации различных предметов и выделенных из них путем идеализации сторон. Не существует представления как запасенного, неизменного образования в мозгу.

Физиологической основой возникновения представления — аналога, мысленной модели, как и любого другого представления, являются ассоциации, цепи упорядоченных рефлексов. Поступающая из внешнего мира информация сравнивается ассоциативным путем с запечатленными ранее данными. Происходит же это существенно иначе, чем, например, поиски слова в словаре электронной машины-переводчика. Дело в том, что в случае магнитного, электронного или какого-нибудь другого «мозга» машины существует взаимное поэлементное соответствие

²⁹² Сеченов И. М. «Избранные философские и психологические произведения». Москва, 1947, стр. 439—440.

между объектами, их свойствами и отношениями и их «отражениями», запечатленными в определенных ячейках устройства памяти машины. В случае человеческого мозга отражение и отражаемое не являются взаимно поэлементно проецируемыми.²⁹³ С элементами мозгового отражения вступают в соотношение не отдельные элементы внешнего мира (единичные вещи, их свойства и отношения), а целые группы таких элементов — представители системного расчленения внешнего мира. Такого рода отображения Н. А. Бернштейн называет модельным, а принцип расчленения отображаемого и соотношения его с отражением — оператором моделирования. Принцип расчленения налагается самим мозгом, но это вовсе не значит, что он чисто субъективен. В этом принципе отражается накопленный в процессе развития как общественного, так и индивидуального сознания опыт. Выработка такого модельного «алгоритма» есть одно из проявлений познавательной активности субъекта; наложение такого оператора моделирования дает огромную экономию в отображении внешнего мира, обуславливает универсальность и гибкость человеческих процессов мышления.²⁹⁴ Механизм внутримозгового моделирования допускает сведение к общему смысловому коду различных выражений одного и того же содержания (например, в случае применения различных реальных или абстрактных алфавитов и языков, схем и т. д.). Другими словами этот механизм служит для обнаружения интенционального тождества экстенционально отличных выражений. Этот же механизм и действует в процессе творческого мышления ученого (а также инженера, поэта и т. д.), «подбирая» элементы для «конструирования» мысленной модели, художественного образа и т. д.

Б. Г. Ананьев указывает, что обобщение в представлении идет и за счет того, что все чувственные элементы переводятся на зрительные²⁹⁵. Не случайно наиболее «абстрактные» обобщенные представление — воображаемые модели являются чисто визуальными представлениями. Зрение занимает, как известно, доминирующее место в сенсорной организации человека. Это было известно уже Аристотелю, который в самом начале «Метафизики» отмечает, что зрению мы отдаем предпочтение

²⁹³ Бернштейн Н. А. «Пути и задачи физиологии активности». Вопросы философии, 6, 1961, стр. 77—92. См. также: В. Д. Глезер, И. И. Цукерман, «Информация и зрение», Москва, 1961.

²⁹⁴ Именно этот момент подчеркивает аргентинский философ М. Бунге, трактуя в своей книге «Причинность» явления сознания не как отражение, а как воспроизведение внешнего мира. Такая трактовка открывает дверь дуализму и даже идеализму. Нельзя отрицать правильность исходной идеи Бунге; в то же время ясно, что с точки зрения диалектического материализма нет никакой необходимости для такого гносеологического сальто-мортале; оно говорит лишь о том, что адекватное понимание всех аспектов сознания невозможно в рамках материализма с элементами метафизики.

²⁹⁵ Ананьев Б. Г. «Психология чувственного познания», Москва, 1960, стр. 284.

перед всеми прочими чувствами. Причина этого предпочтения заключается в том, что «это чувство в наибольшей мере содействует нашему познанию и делает явными многочисленные различия в вещах». Оптике средневековья Витело и Алхазен различали зрительное ощущение как таковое (*aspectus simplex*) и «истолкование», осмысливание образа (*intuitio diligens*). А для Леонардо да Винчи это *intuitio diligens* выходит далеко за пределы непосредственных чувственных данных и становится познанием скрытых качеств вещей.

Маркс, по словам Ф. Меринга, мог бы поспорить в смысле образности языка с величайшими мастерами сравнения — Лессингом, Гёте, Гегелем. «Он понял Лессинга, который говорил, что в совершенном изложении понятие и образ взаимно связаны — как мужчина и женщина. За это на Маркса, как подобает, обрушивались университетские педанты, ... бросая ему поразительный упрек в том, что он излагает свои мысли якобы очень неопределенно, «сшивая их лоскутьями образов».²⁹⁶

Гёте, развивая свои идеи о метаморфозе растений, начертил Шиллеру схему «перворастения», на что последний сказал: «Это не опыт, а идея». Гёте ответил: «Тогда идею можно видеть глазами».²⁹⁷ Но это не значит, что он сводил научное познание к чувственному образу; последнее рассматривается им как момент, сторона единого движения познания во взаимодействии чувственного и логического, причем такая сторона, которая не исчерпывается доставкой первичных данных о внешнем мире. Он отмечал, что существует разница между зрением и знанием, что «глаза духа должны действовать в непрерывном живом союзе с глазами тела, ибо иначе возникает опасность смотреть и тем не менее просматреть или смотреть мимо». Гёте считал возможным «точную чувственную фантазию».

Перевод на зрительный образ сложных абстрактных соотношений происходит и в искусстве и в науке, что роднит эти различные по способам выражения результатов виды познания в гносеологическом плане. В основе этого лежит доминирование зрения в сенсорной организации человека, большие возможности обобщения этого чувства.

Сильным средством обобщения является и объективация представления. Это может произойти как вербализация, или как изображение представления в схеме, чертеже и т. д.²⁹⁸ В случае физико-теоретической модели оба этих метода практически применяются. «... именно взаимопроникновение наглядной внутренней «картинности» и словесного образа представ-

²⁹⁶ Меринг Ф. «Карл Маркс. История его жизни». Москва, 1957, стр. 257.

²⁹⁷ Цитируется по книге В. П. Зубова «Леонардо да Винчи», Москва-Ленинград, 1962, стр. 202.

²⁹⁸ См. Бердж К. «Теория графов», Москва, 1962, предисловие.

ляет структуру образа-представления.²⁹⁹ Объективация является чрезвычайно важным моментом развития и функционирования модельного представления как познавательного образа, так как в связи с объективацией модельное представление, существовавшее вначале как представление индивида, приобретает коммуникативное значение, становится объектом изучения для других субъектов. Таким образом, оно включается в общественный процесс разработки научной теории. На эту функцию модели специально обращает внимание М. Борн. Критикуя операционалистическую точку зрения Г. Дингля, согласно которой все, чем физик занимается, может быть достигнуто в терминах, относящихся к опыту, а не к внешнему миру, он пишет: «В действительности дело обстоит совсем иначе. Все великие открытия в экспериментальной физике обязаны интуиции людей, открыто использовавших модели, которые для них были не продуктом фантазии, а представителями реальных вещей. Как мог бы работать экспериментатор и как мог бы он общаться со своими сотрудниками, если бы он не использовал модели...»³⁰⁰ (подчеркнуто мною Л. В.). Действительно, общее модельное представление является относительно самостоятельной формой отражения объективного мира. Индивидуальные различия в таких моделях несущественны с точки зрения гносеологии, так как при объективации, т. е. при фактическом применении данной модели в процессе языкового общения эти различия «стираются».

Конечно, не все может быть объектом общего представления. Например, в представлениях нельзя отражать достаточно сложные отношения (вообще, в наглядных моделях отражается преимущественно пространственная структура вещей). Такие отношения отражаются понятиями и абстрактными объектами. Нельзя, по-видимому, сопоставлять какие-то адекватные представления понятиям интеграла или тензора вообще. Представления могут тут соответствовать лишь частным случаям таких соотношений или их фрагментам. Но это не отменяет того, что представления и понятия функционируют во взаимодействии на всех этапах мышления ученого; представление не обязательно является только «исходным пунктом», чем-то низшим по отношению к мышлению в понятиях, «Впрочем, в известном смысле представление, конечно, ниже. Суть в том, что мышление должно охватить все «представление» в его движении, а для этого мышление должно быть диалектическим. Представление ближе к реальности, чем мышление? И да и нет. Представление не может схватить движения в целом, например, не схватывает движения с быстротой 300000 км в

²⁹⁹ Ананьев Б. Г. Психология чувственного познания, Москва, 1960, стр. 285.

³⁰⁰ Борн М. «Физическая реальность», УФН, 1957, 62, вып. 2, стр. 130.

1 секунду, а мышление схватывает и должно схватить».³⁰¹ В этих словах Ленина глубоко выражается идея о единстве, внутренней связи чувственного и абстрактного, понятийного в процессе познания объективного мира.

§ 2. Модель и проблема наглядности.

Существенным признаком воображаемой модели как познавательного образа является ее наглядность. Проблема наглядности рассматривалась неоднократно буржуазными естествоиспытателями и философами различных направлений (Планк, Гейзенберг, Франк³⁰², Марх³⁰³, Вейцзеккер³⁰⁴, Фишер³⁰⁵, Кейперс³⁰⁶, Фейгль³⁰⁷ и др.). Вопрос о роли и возможностях наглядных построений (моделей) в естественно-научном познании стал особенно остро в связи с необходимостью введения в физику все более абстрактных понятий и возникновения таких проверенных практикой физических теорий, где образы, почерпнутые из непосредственно-чувственного мира, безусловно неадекватны (квантовая теория, теория относительности).

С диалектико-материалистических позиций проблема наглядности исследовалась Х. Корхом³⁰⁸, М. Э. Омеляновским³⁰⁹, В. А. Штоффом³¹⁰ и особенно глубоко В. П. Бранским³¹¹, которому удалось в определенном смысле решить эту проблему (в каком смысле, будет указано в дальнейшем). Тем не менее ряд вопросов, связанных с философским и естественно-научным истолкованием понятия «наглядность» еще мало рассматривался.

Ни один из буржуазных теоретиков (302—307) не дает никакого определения самого понятия «наглядность». Понятие это

³⁰¹ Ленин В. И., Сочинения, т. 38, стр. 220.

³⁰² Frank, Ph. «Über die «Anschaulichkeit» physikalischer Theorien». Die Naturwissenschaften, 16, Heft 8, 1928, S. 121—128.

³⁰³ March, A. «Natur und Erkenntnis», Wien, 1948.

³⁰⁴ Weizsäcker, C. F. v. «Zum Weltbild der Physik», Leipzig, 1945, S. 80—90.

³⁰⁵ Fischer, A. «Die philosophischen Grundlagen der wissenschaftlichen Erkenntnis», Wien, 1947, S. 44—49.

³⁰⁶ Kuipers, A. M. «Model en Inzicht», Groningen, 1959, S. 150—156.

³⁰⁷ Feigl, H. «Theorie und Erfahrung in der Physik», Karlsruhe, 1929, S. 94—101.

³⁰⁸ Korch, H. «Zur Kritik des physikalischen Idealismus C. F. v. Weizsäckers». Berlin, 1959, S. 179—207.

³⁰⁹ Омеляновский М. В. «Проблема наглядности в физике». Вопросы философии, II, 1961, стр. 54—62.

³¹⁰ Штофф В. А. «О роли моделей в квантовой механике». Вопросы философии, 12, 1958, стр. 67—79.

³¹¹ Бранский В. П. «О философском значении «проблемы наглядности» в современной физике». Вестник ЛГУ, 5, 1957, стр. 82—90; его же: «Философское значение «проблемы наглядности» в современной физике». Ленинград, 1962.

у них «определяется» лишь контекстуально — тем, что оно употребляется в связи с характеристикой чувственного познания. А. Марх пишет: «Что больше всего обижает в новой физике — это отсутствие наглядности. Нелегко сказать, что это такое. Когда является теория наглядной? Строго говоря, очевидно тогда, когда она пользуется исключительно только такими понятиями, которые берутся из повседневного опыта». (March, op. cit., S. 1). Марх считает, что наглядность — как раз характерная черта классической физики, и видит в этом принципиальное различие между классической и современной физикой. Первая — де наглядна, а вторая — ненаглядна. Подобную точку зрения высказывает и Вейцеккер (Weizsäcker, op. cit., S. 29). Исходя из того, что объекты микромира не могут наблюдаться непосредственно, он приходит к заключению, что атом не дан нам как объект в пространстве и времени, а как цель обратного заключения, исходя из результатов измерения. «Его нельзя описывать с помощью модели по примеру пространственно-временного объекта». Как видно, Вейцеккер возвращается к махистской идее о непространственном характере атома³¹². Переход от классической физики к квантовой и релятивистской физике оценивается Вейцеккером и Сейлером как отказ от материализма и переход к идеализму. А наличие наглядных моментов в теории рассматривается ими как критерий объективности того, что описывается теорией. Марх прямо заявляет, что элементарные частицы, описываемые при помощи абстрактных понятий, являются «бессубстанциональными структурами» и в новой физике терпят крушение дух материализма и материалистический образ мышления. Все аргументы Марха фактически вытекают из ограниченности метафизического материализма, но Марх обращает свою критику против материализма вообще. Обстоятельная критика взглядов Марха дана в работе В. А. Штоффа (В. А. Штофф, ук. соч., стр. 72). Во-первых, ясно, что любая физическая теория, поскольку она отражает сущность явлений и излагается в понятиях и абстрактных по содержанию символах, ненаглядна, не имеет непосредственно-чувственной природы. В этом смысле «наглядная теория», «наглядное понятие» — такие же бессмыслицы как «круглый квадрат». Иногда же, говоря о наглядных понятиях, имеется в виду другое — именно возможность сопоставления более-менее адекватного чувственного образа объекту, самому по себе недоступному непосредственному созерцанию, знание о котором получено через чувственное («приборное») и понятийное опосредствование. Это, например, имеет в виду Б. М. Кедров, который пишет: «Чем глубже в материю

³¹² См. тоже: Seiler, J. «Philosophie der unbelebten Natur», Olten, 1948, S. 41—45.

проникает наука ... тем менее наглядными становятся вновь возникающие понятия (представления о микромире и др.)»³¹³.

Мы уже показали, что точка зрения неопозитивистов (в том числе и Марха), согласно которой в физическом познании в настоящее время совсем нет наглядных элементов, неверна. Такое понимание возникает в силу антиисторического подхода к проблеме познания — в силу замены анализа процесса познания анализом знания. В этом плане неопозитивизм абсолютизирует рациональное; если же речь идет о чувственном, то он впадает, в другую крайность, сводя мир к совокупности ощущений и отрицая существование объективно реального. Метафизически отрывая чувственное от рационального, неопозитивизм закрывает себе дорогу к пониманию процесса познания; он вынужден ограничиваться рассуждениями о структуре уже сложившегося знания. Поэтому в рамках неопозитивизма проблема наглядности не может решаться; по существу, ей там и нет места. Говорить о наглядных или ненаглядных элементах в познании может логически последовательно лишь тот, кто признает существование независимого от сознания объективного мира, который отражается в сознании в виде наглядных или ненаглядных образов.

Классическая физика рассматривается «физическими» идеалистами как наглядное *per definitionem* и противопоставляется в этом плане современной физике. Это совершенно необоснованно. Ни точечные массы, ни абсолютно твердые тела, ни точечные заряды, ни влияние поля на эти заряды не являются наглядными в примитивном смысле непосредственно-чувственной образности. Классическая физика оперирует не только понятиями, «взятыми из повседневной жизни» (Марх), но и такими, которыми мы вообще не можем найти каких-либо чувственных образов (энергия, энтропия, энтальпия, потенциалы — векторный и скалярный в электродинамике, химический термодинамический). Это такие же ненаглядные величины (ненаглядность их — первого рода в смысле В. П. Бранского, поскольку она вытекает из существенности того, что отражается в указанных понятиях), как и волновая функция в квантовой механике. Но те, кто считают классическую физику до конца наглядной, пытаются часто доказать, что подобные величины фигурируют в теории лишь как математические фикции, как вспомогательные величины, не имеющие за собой какой-нибудь реальности. При этом часто ссылаются на то, что, например, электромагнитные потенциалы не имеют операционального смысла, они не могут быть измерены, и даже определяются они неоднозначно (т. е. определены с точностью до градиентного преобразования). Но из этого вовсе не вытекает, что такие величины

³¹³ Кедров Б. М. «Диалектические черты современного естествознания». Тезисы сообщения на совещании заведующих кафедрами общественных наук вузов РСФСР, изд. МГУ, 1960, стр. 88.

ненаглядны потому, что не отражают реальности. То, что электромагнитные потенциалы и подобные им физические величины не фиктивны, убедительно доказано П. Г. Кардом³¹⁴. Причина их ненаглядного характера состоит в том, что эти величины характеризуют сущность соответствующих физических процессов.

Своеобразную попытку «обогащения» материализма махизмом предпринимал в рамках проблемы наглядности небезызвестный Ф. Франк (см. ссылку 302). Он справедливо указывает на несостоятельность понимания наглядности Гейзенбергом как отсутствия внутреннего противоречия в теории. Это естественное требование к любой вообще теории, и оно непосредственного отношения к проблеме наглядности не имеет. В то же время Франк категорически отвергает материалистическое положение о том, что наши знания суть отражение объективной действительности. Под «наглядным» он понимает наиболее простое описание (причем описания, по Франку, различаются только по простоте, а не по адекватности). Подобие между образом и действительностью, по Франку, состоит в том, что «образы по однозначному предписанию (Vorschrift) могут быть получены из явлений и обратно». Это не что иное, как «требование однозначности», выдвинутое раньше Петцольдом и раскритикованное Лениным.

Выступая с явно антиматериалистических, махистских позиций, Франк пытается выдавать себя за реформатора материализма. Материалистическое мировоззрение, «только подкрепленное в позитивистском смысле», составляет, по Франку, фундамент научного познания. «Подкрепление», предлагаемое Франком, состоит в отказе от теории отражения и от признания реального мира вообще. «Мир» Франка сводится к чувственным данным, а электроны, атомы и т. д. — только вспомогательные понятия. «На судьбе материалистического мировоззрения сказывается вредное влияние обожествления вспомогательных понятий», — пишет Франк³¹⁵. Он сознательно фальсифицирует диалектический материализм, в частности положения Ленина. смысл которых ему ясен и хорошо известен. Положение Ленина (и Энгельса) о том, что все материальные объекты существуют в пространстве и времени, доказательством чего является весь ход развития естествознания, выдается Франком за механицизм, за пройденный этап науки. Итак, махист Франк защищает материализм в естествознании от «механиста» Ленина! Вот, что он пишет: «Страстно отказывается от основанных на позитивизме Маха новых физических теорий как сознательный материалист (имеется в виду В. И. Ленин), так и идеалист. . .»³¹⁶.

³¹⁴ K a r d P. Füüsikaliste suuruste reaalsuse probleemi gnoseoloogilistest alustest. — TRÜ Toimetised, Tartu, 1960, 89, lk. 77—88.

³¹⁵ F r a n k. Ph. Op. cit. (302), S. 125.

³¹⁶ Там же, стр. 127.

Тут налицо явное искажение. Во-первых, Ленин «страстно отказался» вовсе не от новых физических теорий, а от попыток единомышленников Франка заменить материализм субъективным идеализмом. Во-вторых, физические теории, которые имеет в виду Франк (квантовая теория) никак не основаны на махизме. Резюмируя свои софистические увертки, Франк приходит к «заключению», что никакого «банкротства материализма» нет: «Преодоленным является не материализм, а его первоначальная форма как представление, что основой всех процессов является движение маленьких точечных масс в более или менее вещественно мыслимом пространстве (*stofflich gedachten Raum*)»³¹⁷. К категории такой «первоначальной формы» материализма причисляется и диалектический материализм, который, таким образом, считается «преодоленным». Вот каким образом из частной проблемы наглядности вырастает очередное «опровержение» диалектического материализма!

Необходимо остановиться еще на одном, довольно распространенном понимании наглядного, в котором, хотя в вульгарно-упрощенной форме, содержится и крупинка истины. Речь идет о понимании наглядного как привычного, которое встречается, например, у Планка и Бриджмена, а также Марха³¹⁸. Верно, что привычка, возникающая в результате длительного контакта с определенным явлением, является основой для выработки образной схемы, некоторой «внутренней шкалы» для оценки количественной стороны явления. С такими фактами мы нередко встречаемся в обыденной жизни. После перехода к новому рублю многие в течение длительного времени пересчитывали цены и зарплату на старые деньги, чтобы их «понимать». В силу привычки до сих пор сохраняются старые единицы меры и веса (например, для выражения урожая зерновых). Туристам, попавшим впервые в Англию, представляет трудность недецимальная денежная система, но сами англичане пользуются ею без затруднений. Должно быть, появятся трудности и с переходом к новой интернациональной системе мер (IS), которая вводится с 1963 года. Но подобные факты не дают основания для отождествления понятий наглядности и привычности. Это убедительно доказано В. А. Штоффом (см. ссылка 310). Нас интересует тот объективно истинный момент, который содержится в обсуждаемой концепции, а именно — предположение о возможности расширения пределов «наглядного». Но происходит это не путем «привыкания», а в ходе развития общественно-исторической практики. Конечно, с точки зрения тех, кто отождествляет на-

³¹⁷ Там же, стр. 128.

³¹⁸ Planck, M. «Wege zur physikalischen Erkenntnis», Leipzig, 1944, S. 319; March, A. «Natur und Erkenntnis», Wien, 1948, S. 1—2; «Die physikalische Erkenntnis und ihre Grenzen», Braunschweig, 1955, S. 12; Bridgman, P. «Die Logik der heutigen Physik», München, 1932.

наглядность с возможностью непосредственного созерцания, наглядное лимитировано строго и почти внеисторически, так как возможности наших органов чувств (пороги возбуждения, разрешающая способность) уже не могут развиваться. Но такое приурочение понятия «наглядность» к наинизшей форме чувственного познания в корне неверно.³¹⁹ Возможность представления как тесно взаимодействующей с абстрактным мышлением формы чувственного познания имеют, на наш взгляд, лишь исторические границы. По мере проникновения человека во все новые сферы мироздания нам раскрываются (через чувственное и логическое опосредование³²⁰) неисчерпаемые источники новых образов чувственного типа.

Немецкий марксист Б. Венцлафф с сотрудниками справедливо подчеркивали, что любое созерцание проникается рациональным познанием, и наглядность в смысле чисто чувственного созерцания, не испытывающего никакого влияния рационального мышления — это ошибочная и необоснованная конструкция позитивизма.³²¹ Наш познавательный аппарат — результат и звено процесса развития. Развивается же не только содержание наших знаний, но и форма отражения. Познание и практическое воздействие человека на такие материальные объекты, которые раньше были недоступны ему, дает возможность построить наглядные воображаемые модели этих объектов. Возможность модельного представления — это конструктивная способность человеческого сознания, способная развиваться и углубляться на базе общественно-исторической практики. Чувственно-практическая деятельность человека обуславливает непрерывное обогащение созерцания. На это обратили внимание многие ученые. Немецкий физик Г. Хебер отмечает по поводу ненаглядной, немодельной природы объектов, изучаемых квантовой механикой, следующее: «Я полагаю, что наша неспособность придумать наглядную модель микромира не является неизменным; с течением времени мы будем в состоянии создать наглядную модель атомных объектов. Ведь наша способность созерцания (*Anschauungsvermögen*) развивается, как и способность абстракции (*Abstraktionsvermögen*).³²² Крупный биолог Дж. Холдейн

³¹⁹ Биологически ограниченное понимание наглядности встречается, например, в работе В. Кра (W. Krah «Anschaulichkeit» *Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Gesellschafts- und Sprachwissenschaftliche Reihe* (в дальнейшем сокращенно WZHUB), 1961, № 2/3, S. 143—147.

³²⁰ См. об этом Бранский В. П. «Философское значение проблемы наглядности в современной физике», Ленинград, 1962, гл. II.

³²¹ WZHUB, 1961, № 2/3, S. 151.

³²² Heber, G. «Über einige philosophisch wichtige Aspekte der Quantentheorie» in *Naturwissenschaft und Philosophie*, Berlin, 1960, S. 30. Следует отметить, что эта мысль в подобной же форме была высказана уже в 1937 году Форедем (См. Th. Vogel «Die Bedeutung der modernen Physik für die Theorie der Erkenntnis», Leipzig, 1937, S. 175 u. weiter).

даже надеется, что через тысячи лет люди будут способны непосредственно воспринимать сложнейшие математические соотношения.³²³

По-видимому, мы вправе говорить о различных ступенях наглядности, в зависимости от степени обобщенности, «абстрактности» чувственного образа. Исходя из более низкой ступени, мы приходим к новым знаниям, которые не сводятся к старым модельным представлениям. Но для новых знаний, фиксированных в понятиях, вырабатываются новые воображаемые модели. Модель как наглядный образ возникает не путем простого сочетания непосредственно полученных чувственных образов, а на основе обобщенных образов, потерявших свою первоначальную конкретность. Именно, в силу возможности переосмысливания «первичных» образов они включаются в новые познавательные связи, представляя такие отношения и вещи, которые не могут быть объектом непосредственного созерцания.

Трактовка наглядности как «многоступенчатой» поддерживалась и большинством участников дискуссии, которая происходила в университете им. Гумбольдта в 1960 году по вопросу наглядности. (Концепция выдвинутая там Павельцигом, Релером и Шульцем.) По их определению, наглядность является особенностью передачи познаний и поэтому свойством познавательного процесса. Она заключается в наличии отношения к известному, а именно в смысле логического вывода составных частей познаваемого явления из уже познанного или в аналогии составных частей познаваемого явления к тому, что уже познано, или просто в перенятии известного в новую познавательную связь, причем познанное или известное не обязательно должно быть непосредственно доступно чувствам.³²⁴ Хотя такое определение далеко не является бесспорным в целом, возможность расширения границ наглядного в нем отражается правильно.

Общее мнение большинства физиков относительно будущей теории «элементарных» частиц такое, что теория может рассчитывать на успех лишь в том случае, если она радикально порвет с «нормальными» представлениями не только классической, но и современной квантовой физики. По гиперболическому выражению покойного Н. Бора, она должна быть «сумасшедшей». Вариант нелинейной унитарной спинорной теории, разрабатываемой школой Гейзенберга, Бором оценивался как недостаточно «сумасшедший», хотя эта теория оперирует такими «заумными» понятиями как отрицательная вероятность. Но, как справедливо отмечает советский ученый Б. Г. Кузнецов³²⁵,

³²³ См. «Техника молодежи», 12, 1960, стр. 15.

³²⁴ WZHUB, 1961, № 2/3, S. 155.

³²⁵ Кузнецов Б. Г. «Эволюция картины мира», Москва, 1961, стр. 7.

будущая теория окажется не столь сумасшедшей и даже сравнительно простой, легко воспринимаемой и наглядно представимой, если ее сопоставить не с классическими и современными теориями, а с научными концепциями, взятыми в их развитии в течение большого срока, т. е. с наукой в «четырёхмерном представлении», в его изменении во времени.

Момент наглядности в развитии понятий науки отражается и в языке науки. Для отражения новых явлений и сторон действительности, открываемых наукой, понятия часто переносятся из одних областей в другие. В основе такого переноса, как правило, лежит изоморфизм определенных отношений. Так, например, пространственное отношение, имеющее смысл в центрально-симметрическом гравитационном поле (высокое-низкое) перенесено в область акустики (характеристика звука), в теорию твердого тела (глубокие энергетические уровни) и т. д.³²⁶ Хорошо известно, что многие понятия науки имеют антропоморфное происхождение, но при этом они приобретали иногда совершенно новое значение. Например, понятию силы в обыденном языке соответствует скорее научное понятие мощности. Понятие биологии «гибридизация», перенесенное на основе аналогии (изоморфизма) в теорию строения молекулы, приобрело здесь новое значение. В развитии научного познания рациональные моменты сливаются с наглядными в неразрывное, связанное единство. Это хорошо («наглядно») видно на примере анализа такого абстрактного понятия, как «мировоззрение».³²⁷

Интересные данные о роли наглядных образов в развитии дедуктивных теорий дает история геометрии. 14 основных положений (5 постулатов, 9 аксиом), изложенных Эвклидом в «Началах», недостаточны для развития геометрии чисто логическим путем, и в доказательствах Эвклид постоянно прибегал к наглядному представлению. Ряд его определений не дефиниции в логическом смысле, а лишь наглядные описания геометрических образов.³²⁸ О логической строгости и последовательности в геометрии можно говорить лишь начиная с работ Гильберта.

Иногда при рассмотрении проблемы наглядности понятия, относящиеся к материальному миру, смешиваются с понятиями, относящимися к отражению мира в сознании. Так, по мнению Вейцеккера, классическая физика есть «проекция наглядного мира на плоскость чистых понятий».³²⁹ Вейцеккер настойчиво

³²⁶ См. тоже: Wenzlaff, B., Matthes, K., Parhey, A. «Ist Anschaulichkeit für naturwissenschaftliche Erkenntnis notwendig?» WZHUB, nr. 2/3, 1961, S. 149—153.

³²⁷ Ук. соч., стр. 150.

³²⁸ См. Рашевский П. К. «Геометрия и ее аксиоматика», Математическое просвещение, 1960, № 5, стр. 77—78.

³²⁹ Weizsäcker, C. F. v. «Zur Deutung der Quantenmechanik», Zeitschrift für Physik, 118, 1941/42, S. 490.

приписывает предикат «наглядность» самим объектам реального мира. Как отмечает немецкий марксист Х. Корх,³³⁰ действительность как таковая не может быть ни наглядной, ни ненаглядной; наглядность есть свойство отражения мира, присущая отражению в случае совпадения в онтологическом смысле базиса и объекта познания.³³¹ Вейцзеккер вводит принципиальную координацию понятий классическое-наглядное-материальное с целью лишения квантовых явлений материальности. Необоснованность противопоставления в таком плане классической и квантовой физики показана в работах В. А. Штоффа и автора.

Понимание модели как наглядного образа действительности не является бесспорным. Оно вызвало в советской философской литературе известную дискуссию, на чем стоит коротко остановиться. Указанная точка зрения, выдвинутая в работах В. А. Штоффа и поддержанная А. М. Уемовым и автором настоящей работы, встретила возражения в работах А. А. Зиновьева, И. И. Ревзина³³² и Я. К. Ребане³³³. Сущность разногласий сводится к следующему.

Указанные авторы, будучи специалистами по логике, имеют в виду в основном логические модели, которые В. А. Штоффом специально не рассматриваются. А. А. Зиновьев и И. И. Ревзин дают следующее определение логической модели:

1. X есть некоторое множество суждений, описывающих соотношения элементов сложных объектов A и B . Суждения X могут быть суждениями о тождестве математических уравнений, описывающих объекты A и B , о коэффициентах их подобия и т. п.

2. U есть некоторое множество суждений, полученных путем изучения A и отличных от X .

3. Z есть некоторое множество суждений, относящихся к B и также отличных от X .

4. Если Z выводится из конъюнкций X и U по правилам логики, то A есть модель для объектов B , а B есть оригинал модели A .

В этом определении, безусловно удачном, правильно подчеркивается основная идея моделирования: установление соответствия объектов и перенос на этой основе результатов изучения одного объекта (модели) на другой объект. А. А. Зиновьев и И. И. Ревзин допускают, что модели могут быть и воображае-

³³⁰ Korch, H. «Zur Kritik des physikalischen Idealismus C. F. v. Weizsäckers», Berlin, 1959, S. 189.

³³¹ См. Бранский В. П. «Философское значение «проблемы наглядности» в физике». Изд. ЛГУ, Ленинград, 1962, часть III.

³³² Зиновьев А. А., Ревзин И. И. «Логическая модель как средство научного исследования». Вопросы философии, 1960, № 1, стр. 82—90.

³³³ Ребане Я. К. «К вопросу об отражении объективной действительности в логической структуре мышления». Уч. зап. Тартуского Госуниверситета, 111, 1961, стр. 3—28.

мыми объектами, но считают, что они не образы объектов и уж ни в коем случае не наглядные образы.³³⁴ По их мнению, модель может называться наглядной лишь в том смысле, что она воспринимается как особый объект, но она не является наглядным аналогом объекта в философском смысле этого слова. Модель, по Зиновьеву и Ревзину, есть лишь средство получения знаний, но не сами знания.³³⁵ Ими, а также Я. К. Ребане подчеркивается, что понимание моделей как образов объектов в философском смысле этого слова дает повод к смешению общих понятий гносеологии с понятиями, специфичными для моделирования.

Само собой разумеется, что вещественные модели (ни типа физического, ни типа функционального воспроизведения) не являются образами в гносеологическом смысле. Но воображаемые модели (модельные представления), в частности физико-теоретические — именно наглядные образы. Они, безусловно, связаны с логическими моделями в смысле Зиновьева-Ревзина, а именно, будучи описаны в форме суждений или математических соотношений, они выступают как логические модели.³³⁶ (Например, математическая теория атома Бора) В этом случае от реального процесса познания абстрагируют (в ретроспективном плане) его логический аспект. Такая абстракция сама по себе совершенно законная и необходимая в логике, по-видимому, является чрезмерной схематизацией в гносеологии, ибо она отрывает друг от друга логическое и историческое, с одной стороны, и психологическое — с другой. Она сводит реальный процесс познания к абстрактному мышлению в понятиях, к логическому выводу, не учитывая, в частности, взаимодействия логической и чувственной ступеней познания, что, с нашей точки зрения, является фундаментальным для понимания реального процесса мышления во всей его сложности. Логическая «проекция» этого процесса, с одной стороны, дает возможность для строгих заключений, но, с другой стороны, сильно обедняет этот процесс.

Единственным в мировой литературе монографическим исследованием, посвященным проблеме наглядности, является недавно вышедшая книга В. П. Бранского³³⁷. Глубоко и всесторонне исследуя как гносеологический, так и онтологический аспект проблемы, Бранскому удалось решить его в смысле сведения к более общей проблеме. Он убедительно доказал, что... «проблема наглядности — это только иррациональная психологическая форма, в которой выступает в определенных исторических условиях совершенно другая проблема, а именно: про-

³³⁴ Зиновьев А. А., Ревзин И. И., ук. соч., стр. 85.

³³⁵ Там же, стр. 83.

³³⁶ Логические модели, конечно, возможны и без генетической связи с воображаемыми наглядными моделями.

³³⁷ Бранский В. П. «Философское значение «проблемы наглядности» в современной физике», Ленинград, 1962.

блема анализа всеобщего содержания атрибутов материи»³³⁸. В. П. Бранский сделал и ряд существенных шагов к конструктивному решению и этой проблемы. Однако не все положения В. П. Бранского представляются убедительными. В частности, мы не согласны с ним в том, что чувственный образ отражает только единичное и не обобщает (хотя может отражать действительность опосредованно). Он пишет: «Переход от чувственных образов к понятиям и обратно имеет «скачкообразный» характер, так как в мире субъективных образов человека... не существует никаких третьих (промежуточных) образов, кроме чувственных образов и понятий. Правда, в психологии в качестве примера таких промежуточных образов приводят обычно так называемые «общие» представления. Но «общее» представление, например, березы получается из единичного представления березы путем отбрасывания ряда чувственных черт. То, что остается, по-прежнему является чувственным образом, который дает, однако, лишь очень грубое отражение березы со стороны явления, но отнюдь еще не дает отражения березы со стороны сущности. Следовательно, «общие» представления «абстрактны» совсем не в том смысле, в каком абстрактны понятия, и поэтому отнюдь не являются «промежуточными» образами в строгом теоретико-познавательном смысле этого слова»³³⁹. Но существование «промежуточных» образов еще никак не противоречит тому, что переход от чувственного к понятию есть скачок. Тем более, что и общие представления, в конечном счете, чувственные образы, хотя сильно преобразованные абстрактным мышлением. На наш взгляд, мысленные модели («модельные представления») именно являются общими представлениями. Но их обобщенность не обязательно состоит в том, что от единичного конкретного представления отбрасываются какие-то чувственные черты. Их обобщенность и абстрактность может быть, кроме того, результатом 1) перекомбинирования единичных образов, сочетания их элементов таким способом, который не существует в непосредственно воспринимаемом мире, но который может отражать явления и онтологически иного мира, хотя бы со стороны явления, 2) переосмысливания элементов чувственного единичного образа (например, геометрические фигуры в различных фазовых «пространствах»). 3) обеих вместе взятых. Думается, что в силу таких умственных операций наглядные образы могут в принципе отражать явления и со стороны сущности, сочетаясь при этом в реальных актах мышления с понятиями. К такому выводу толкают и данные, полученные школой Пиаже.

* * *

³³⁸ Ук. соч., стр. 191.

³³⁹ Там же, стр. 108.

Представляется интересным сопоставить в рамках рассматриваемой проблемы два вида познания действительности: научное и художественное. Бросается в глаза определенный параллелизм, который является выражением единства различных видов человеческого познания. Наука и искусство обладают как специфической общественной функцией в жизни человечества, так и познавательным значением. Нет никакого основания для такого их противопоставления, при котором познавательный момент искусства отрицается. Подобная тенденция наблюдалась в дискуссии «физиков» и «лириков» у некоторых категорически настроенных инженеров. Думается, что увлечение своей специальной областью знания и гордость, вызываемая ее успехами, не оправдывает такой односторонности. Дело в том, что в художественном познании имеют важное место такие элементы, которыми «в рабочем порядке» оперирует и научное познание. Мы согласны с М. Забелиным, справедливо подчеркивающим роль образного «художественного» мышления в постановке научных проблем³⁴⁰. Он пишет: «... в самом творческом научном процессе искусство воссоединится с наукой, восстанавливается цельность, единство мышления, и искусство оказывает на науку постоянное, все более усиливающееся влияние.... Современная наука не может развиваться без высокой способности ученых к образному мышлению...».

Аналогичным по своей познавательной функции модели и носящим в то же время отпечаток специфики другого вида познания является художественный образ. Как модель, так и образ — отражения существенных сторон и отношений действительности. Они имеют наглядно-чувственный характер, но тем не менее они не могут рассматриваться как относящиеся непосредственно и целиком к чувственной ступени познания или как что-то промежуточное между двумя ступенями познания. Как модель, так и художественный образ — это единство чувственно-конкретного и абстрактного. Без одной из этих сторон они перестают быть тем, чем они есть.

Создание образа и модели необходимо содержит момент «вторичной конкретности», конкретности, восстанавливаемой после стадии абстрактного познания общего. Л. Н. Столович пишет о конкретности и чувственности эстетического образа: «... это не просто природно-вещественная чувственность и конкретность; она возникает в процессе эстетического познания как средство закрепления его результатов, как реальность эстетически-художественного мышления.»³⁴¹. Мы уже показали, что такого же рода и чувственность физико-теоретической модели.

³⁴⁰ М. Забелин. О культуре мышления. «Новый мир», 1, 1961, стр. 158—165.

³⁴¹ Л. Н. Столович. Эстетическое в действительности и в искусстве. М., 1959, стр. 142.

Обе они являются конкретным выражением определенной общей закономерности (выражением общего через конкретное). сочетают необходимое и случайное и т. д. Художественный образ, конечно, обладает и специфицирующими признаками, в первую очередь — эмоциональной окраской, которой нет у модели (это не значит, что научное познание вовсе лишено каких бы то ни было эмоциональных моментов!). Различен характер обобщения, которое в образе 'может выступать как типизация, т. е. подбор такого конкретного из самой действительности, в котором общее выражается наиболее полно. Не вдаваясь в детали этой проблемы, отметим лишь, что в научном, как и в художественном познании, чувственно-наглядные элементы составляют абсолютно необходимый момент познания на всех стадиях его развития. Человеческое познание может быть адекватным, полноценным, лишь сочетая диалектически абстрактность и наглядность. Возвращение в сферу конкретно-чувственного, сохраняя результаты логического познания — это необходимый, но наиболее трудный этап развития познания. Именно это имел в виду великий поэт и естествоиспытатель Гёте, когда он писал:

Что на свете всего труднее?
Видеть своими глазами
То, что лежит перед нами...

Именно в сочетании наглядного выражения с глубоким идейным содержанием — сила реалистического искусства, источник бессмертия великих реалистических произведений. Абстракционизм и формализм разрушают это единство, выдвигая под вывеской поисков нового «революционного» лишенные смысла, извращенные, безобразные произведения, не имеющие познавательной ценности, неспособные вызвать в зрителе возвышенного чувства гордости своей практической и познавательной деятельностью во имя положительного социального идеала. Таким работам не может быть места в искусстве общества, строящего коммунизм.

В. Н. Сагатовский, рассматривая представление как такую форму отражения действительности, которая взаимодействует с понятием на всех этапах мышления, тоже упоминает о сходстве художественного образа и модели³⁴². Мысль о сходстве методов познания науки и искусства высказан и крупнейшими физиками Н. Бором и А. Эйнштейном. Хотя нельзя принимать субъективистское толкование художественного творчества, данное Бором, нельзя не согласиться с тем, что «художник пола-

³⁴² Сагатовский В. Н. «О соотношении представления и понятия в процессе познания». Сборник работ кафедры истории КПСС и философии (Томский мед. ин-т), Томск, 1960, стр. 73.

гается на общечеловеческий фундамент, на котором строим и мы» (т. е. ученые Л. В.)³⁴³. Очень четко мысль о единстве познавательной деятельности ученого и художника высказана Эйнштейном. Он писал: «Человек стремится создать для себя наиболее приемлемым для него способом упрощенный и понятный образ мира; он пытается далее отчасти заменить этим собственным миром мир реальный и таким образом овладеть им. Именно так поступает художник, поэт, философ-мыслитель и ученый-естественник, каждый по-своему.»³⁴⁴ Тут Эйнштейн подчеркивает аспект моделирования, рассматривая его как универсальный момент любого вида познания.

§ 3. Некоторые методологические проблемы.

В основе построения модели всегда будет ограниченное количество экспериментальных и теоретических данных, неполный их набор. Модель не может быть построена однозначным образом; она определена лишь с точностью до изоморфизма. В процессе углубления наших знаний, по мере того, как включаются в анализ и моделирование все большее количество свойств объекта-оригинала, класс возможных моделей сужается и в то же время повышается их адекватность. История физики дает огромное количество замен одних моделей другими. Неадекватность модели обнаруживается при выходе за пределы того ограниченного опыта, на основе которого она была построена. Любопытно отметить, что на ограниченном этапе развития науки даже принципиально неправильные модели и теории могут играть прогрессивную роль. Известно, что представление о мировом эфире было основой классических работ Френеля и Юнга по волновой оптике. Модель теплорода была исходной концепцией в исследованиях Фурье и Карно по термодинамике. Полученные ими результаты сохраняют свое значение и в настоящее время, хотя модели, на которые они опирались, противоречат современным данным. Такого рода «инвариантность» теории по отношению к модели пытаются использовать субъективные идеалисты в качестве аргумента для опровержения «метафизики» (т. е. признания независимой от сознания реальности) и для обоснования концепции «чистого описания» и конвенционализма. Стремление такого рода характерно как для махистов, так и для субъективных идеалистов нашего времени. Концепция «чистого описания» махистов была в свое время подвергнута критике В. Вундтом. Он доказывал, что «чистое описание» как наука в принципе невозможно, поскольку махисты требуют вместе с пол-

³⁴³ Бор Н. «Атомная физика и человеческое познание», Москва, 1961, стр. 111.

³⁴⁴ Цитируется по статье Ж. Ф. Милле «Сила искусства — в умении видеть возвышенное в обыденном», Курьер ЮНЕСКО, № 7/8, 1961, стр. 6.

нотой описания и его простоту, а это уже предполагает определенную интерпретацию наблюдаемого и тем самым выступает уже как объяснение. В. И. Ленин признательно отзывался о критике эмпириокритицизма Вундтом, отмечая, что махистам «старого воробья, Вундта, провести на мякине не удалось»³⁴⁵.

Справедливой критике подверг крайний эмпиризм А. Пуанкаре в своей речи на всемирном съезде физиков в 1900 году. Он показал, что одно только накопление все новых, более точных экспериментальных данных еще не приводит к прогрессу физической науки. В случае, если эти данные не получают надежного теоретического осмысливания, они могут вести даже дальше от истины. Так происходит в случае, если в теории есть фундаментальные недостатки, а новые экспериментальные данные все же втискиваются в старую схему, модифицируя и подгоняя ее настолько, насколько надо для достижения количественного согласия «теории» с экспериментом. Результатом такой операции являются полуэмпирические формулы, описывающие все *post factum* и ничего не предсказывающие.

Некоторые махисты, например, Барри отождествляют описание и объяснение. Он пишет: «объяснение есть развивающее разъяснение (*elucidacion*), которое есть не что иное, как все более и более точное и обобщенное описание»³⁴⁶. Но, признавая возможность объяснения, махист в то же время невольно признает и его объект — независимый от сознания мир. А это, в свою очередь, есть возвращение к онтологии, т. е. к «метафизике», отказ от которой был программой позитивизма. Подобное стремление характерно для многих работ современных позитивистов³⁴⁷; это один из признаков кризиса позитивизма; он не выдержал испытания историей науки.

Указанная нами «инвариантность» теории по отношению к модели, на основе которой она строится, отнюдь не говорит в пользу субъективно-идеалистической концепции «чистого описания», а свидетельствует о том, что в наших знаниях, в теории, даже неполной и ограниченной, есть независимая от субъекта и способа познания сторона. Тот факт, что истинная теория может быть построена на основе неадекватной с действительностью модели, вовсе не значит, что разум предписывает законы природе или формирует ее. Дело в том, что существует широкий класс изоморфных моделей, каждый из которых в определенных пределах соответствует изучаемому явлению. Единственным критерием, который может дать решающий ответ в деле выбора модели или метода ее усовершенствования, является его соответствие с действительностью, раскрываемое практикой. Но критерий практики не всегда может быть применен

³⁴⁵ Ленин В. И., Сочинения, т. 14, стр. 79.

³⁴⁶ Barry, F. B. «The scientific habit of thought», 1927, p. 62.

³⁴⁷ Kattsoff, L. O. «Logic and the nature of reality», Haag, 1957.

непосредственно. С точки зрения субъективного идеалиста тут нет никакой проблемы: о соответствии модели с действительностью не может быть и речи, модель может быть лишь применимой или неприменимой, причем вопрос о причинах этого отвергается как «метафизический». В качестве рабочих критериев в деле выбора и усовершенствования модели позитивизм выдвигает: 1) логическую непротиворечивость, 2) простоту. Что касается первого критерия, то тут дело более или менее ясно. Логическая непротиворечивость есть естественное требование к любому теоретическому построению и тем самым является тривиальным критерием. Макс Борн, критикуя позитивиста Г. Дингля, отмечает, что «логическая последовательность есть чисто отрицательный критерий; без него не может быть принята ни одна система, но никакая система не приемлема только в силу того, что она логически непротиворечива»³⁴⁸.

Что касается принципа простоты, то в нем есть глубокое гносеологическое содержание, которое извращалось и опошлялось позитивистами в различных вариантах «принципа экономии мышления». На этом вопросе следует остановиться детальнее.

В первую очередь необходимо отметить, что принцип простоты ни в коем случае не может рассматриваться как критерий истинности соответствующего теоретического построения, в том числе и модели. Единственным критерием истинности теории является практика во всех ее формах. «Мышление человека тогда «экономно», когда оно правильно отражает объективную истину, и критерием этой правильности служит практика, эксперимент, индустрия», — писал В. И. Ленин³⁴⁹. Однако, как мы уже указали, модель не может быть построена сразу однозначным образом. Особенно на ранних этапах исследования определенного круга явлений возможны различные модели. Принцип простоты есть методологический принцип, который дает возможность сделать определенный предварительный выбор между различными возможными моделями. Но этот побочный критерий выбора должен в конфликтных ситуациях всегда уступить главному — критерию практики. Ламаркизм объясняет эволюцию проще, чем дарвинизм; боровская атомная модель намного проще квантомеханической. Но это не делает их истинными.

В истории конкретных наук и философии принцип простоты в различных его формах выдвигался неоднократно. Известное положение Уильяма Оккама «*entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem*» (сущностей не следует умножать сверх необходимости) перекликается с другими схоластическими прави-

³⁴⁸ Борн М. «Физическая реальность». УФН, № 62, вып. 2, 1957.

³⁴⁹ Ленин В. И., Сочинения, т. 14, стр. 157.

лами: *Principia non sunt cumulanda*», (не следует накапливать принципы) и «*Frusta sit per plura quod fieri potest per pauciora*» (напрасно было бы приводить основания более многочисленные для того, происхождение чего можно объяснить посредством меньшего числа оснований).³⁵⁰ Эти правила схоластов, по-видимому, восходят к высказыванию Аристотеля «*Natura enim simplex est*» (природа проста)³⁵¹.

Галилей, рассматривая закон свободного падения, пишет: «Если я при этом замечаю, что камень, который начал падать с положения покоя со значительной высоты, приобретает все новое и новое приращение скорости, почему же я не могу тогда верить, что эти приращения происходят наипростейшим, понятным каждому образом? Если мы внимательно углубляемся (в дело Л. В.), то мы найдем приращение более простое, чем то, которое совершается всегда одинаково»³⁵².

Принцип простоты выдвигался многими естествоиспытателями в различные времена. Известные «*Regulae philosophandi*» Ньютона начинаются с правила: «Не должно требовать в природе других причин сверх тех, которые истинны и достаточны для объяснения явлений... Природа проста и не роскошествует излишними причинами вещей.» Подобные мысли мы находим у Эйлера, Лапласа, Френеля, Юнга, Гамльтона, Тимирязева, Юкавы, Дирака, Эйнштейна. С. И. Вавилов, анализируя метод математической гипотезы, считает, что «большое значение имеет также соображение простоты и стройности получающихся выражений»³⁵³. В. Гейзенберг, стремясь к построению нелинейной спинорной теории, отмечает, что «Кроме правил отбора и требований инвариантности, единственным руководящим принципом является соображение простоты уравнений»³⁵⁴.

Как видно, речь идет об общепризнанном принципе. Необходимо подчеркнуть, что его сходство с субъективистским принципом «экономии мышления» чисто внешнее. Согласно махизму, простота модели или теории не имеет каких-либо объективных оснований, а вытекает из стремлений субъекта³⁵⁵. Мах как субъективный идеалист рассматривает субъект не как познающий мир, а как конструирующий его по принципам, вытекающим из духовной организации «я». Но фактическое содержание «принципа простоты» состоит в ином. Это не навязывание

³⁵⁰ Цит. по Hamilton, W. «Discussions in Philosophy», London, 1853, p. 629.

³⁵¹ См. Пирсон К. «Грамматика науки», СПб, стр. 638.

³⁵² Galilei «Discorsi» Цитируется по Weyl, H. «Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft», München-Berlin, 1927, S. 113.

³⁵³ Вавилов С. М. «Ленин и современная физика», Собр. соч., т. III, стр. 79.

³⁵⁴ «Нелинейная квантовая теория поля», Москва, 1959, стр. 225.

³⁵⁵ Мах Э. «Экономическая природа физического исследования». Популярно-научные очерки, СПб, 1909, гл. XIII.

природе плана субъекта, не исходящее от него «требование» к самой действительности, а требование к ее отражению, причем всегда над этим методологическим принципом доминирует критерий объективной истинности теории. Принцип простоты имеет объективную основу в единстве разнородных явлений, подчиненных одним и тем же общим законам³⁵⁶. Сущность явлений мира многопорядковая. Принцип простоты ориентирует исследователя от сущности достигнутого порядка к следующему, ближайшему, выражая таким образом методологическое требование, вытекающее из общей объективной структуры мира. Этот принцип есть средство, дающее возможность сделать выбор среди различных, логически допустимых на данном уровне знания моделей и гипотез. Субъективные идеалисты же не только не признают такого материалистического понимания принципа простоты, а активно выступают против него. Пирсон, например, упрекал Гамильтона, Ньютона и Эйлера в том, что они ищут корни указанного принципа за пределами чувственного восприятия, т. е. в объективном мире и тем самым переходят «в такую область, где густо рассеяны западни метафизической догмы»; «они проецируют понятие «простой» за пределы области чувственных впечатлений, вне которой слово «познание» не может иметь никакого смысла»³⁵⁷.



Построение модели любого вида как познавательная операция имеет смысл только в такой связи, где объект-оригинал выступает как неэлементарный, как обладающий некоторой внутренней структурой, способом связи более элементарных компонентов. В последнее время принято рассматривать отношение модели и оригинала в качестве структурного изоморфизма (или гомоморфизма)³⁵⁸. Изоморфизм есть определенное соответствие систем объектов с заданными в них операциями. Наиболее общие и абстрактные определения понятий изоморфизма и гомоморфизма можно найти в специальных математи-

³⁵⁶ См. Баженов Л. Б. «Основные вопросы теории гипотезы», Москва, 1961, стр. 27—28; Г. Клаус, «Введение в формальную логику», Москва, 1960, стр. 444—447.

³⁵⁷ Пирсон К. «Грамматика науки» СПб, изд. «Шиповник» (год выхода не указан), стр. 638.

³⁵⁸ Apostel, L. «Towards the formal study of models in nonformal science», Synthese, XII, nr. 2/3, 1960, p. 141—147; Valt, L. «Mõtteliste mudelite tunnetuslikust tähtsusest füüsikas», TRÜ toimetised, 89, Tartu, 1960, lk. 100—101; А. И. Уемов. «Аналогия и модель», Вопросы философии, 3, 1962, стр. 142—143; В. С. Тютин «О сущности отражения», Вopr. философии, 5, 1962, стр. 68; В. А. Штофф «Понятие модели в современной науке» (Сборник «Некоторые вопросы диалектического материализма») Ленинград, изд. ЛГУ, 1962, стр. 185—188.

ческих трудах³⁵⁹. Мы будем пользоваться определением, равносильным им, но терминологически более приспособленным для изучения соответствия модели и оригинала.

Две системы D_1 и D_2 являются изоморфными по отношению R и S , определенным соответственно для D_1 и D_2 , если существует такая функция отображения F , которая сопоставляет любому элементу из D_1 в соответствие один и только один элемент из D_2 , и при этом, если элементы D_1 стоят в отношении R , их F -образы стоят в отношении S и обратно. Две системы являются полностью изоморфными, если они изоморфны по всем отношениям. Два отношения являются полностью изоморфными, если они изоморфны во всех системах. Две системы изоморфны по множеству отношений K , если все отношения, по которым они изоморфны, относятся к классу K .

Гомоморфизм есть обобщение понятия изоморфизма, которое получается при отказе от требования взаимности однозначной функции отображения F . Итак, гомоморфное отображение является однозначным лишь в одну сторону.

Изоморфизм как отношение обладает свойствами 1) рефлексивности $y \sim y$ 2) симметрии $(y \sim z) \rightarrow (z \sim y)$ 3) транзитивности $(y \sim z), (z \sim w) \rightarrow y \sim w$. Если модель изоморфна с оригиналом, то в силу симметрии факты, установленные на модели, могут быть переистолкованы как относящиеся к оригиналу. В силу транзитивности «свойство быть моделью» может переноситься с одного объекта на другой.

Полный изоморфизм (изоморфизм по всем отношениям) свойственен только моделям, которые имеют характер образцового экземпляра, представляющего определенный класс тождественных объектов. (см. Введение). Все другие виды моделей имеют лишь гомоморфное соответствие оригиналу. Понятие изоморфизма и гомоморфизма распространяется и на соответствие гносеологического образа (в том числе мысленной модели) и объекта, отражением которого является данный образ. (см. Ссылка 358, работы А. И. Умова, В. С. Тьютина и В. А. Штоффа). Процесс приближения наших знаний к абсолютной истине путем накопления истин относительных есть не что иное, как приближение соответствия отражения и отражаемого к более полному изоморфизму через гомоморфизмы и частичные изоморфизмы. В этой связи следует отметить глубокое философское содержание теоремы о гомоморфизмах³⁶⁰. Известно, что в случае гомоморфного соответствия структуры двух систем (скажем, оригинала и модели) единичный элемент одной структуры (модели) является отображением не одного элемента

³⁵⁹ См. Н. Бурбаки, «Общая топология», Москва, 1958; А. Г. Курош «Лекции по общей алгебре», Москва, 1962.

³⁶⁰ Строгую формулировку этой теоремы можно найти, например, в книге А. Г. Куроша «Лекции по общей алгебре», Москва, 1962, стр. 113—114.

другой структуры (оригинала), а целого множества таких элементов. Это значит, что структура (элементная и функциональная) оригинала отображается на модели с неполным различием состояний. Модель в этом случае охватывает лишь некоторый аспект моделируемого явления. Пользуясь теоретико-групповым языком, можно выразиться так. Подмножество элементов из группы G , отображающееся в единицу группы H , являются нормальным делителем N группы G ; множество элементов из G , отображающееся в какой-либо элемент h из группы H , составляет смежный класс группы G по нормальному делителю N . Если поставить таким образом в соответствие каждому смежному классу элемент из H , то получится изоморфное отображение фактор-группы G/N на группу H . Так, каждый гомоморфизм порождает изоморфизм между некоторой фактор-группой данной группы G и H ; справедливо и обратное предложение.

Конкретизируя теорему о гомоморфизмах на случай соответствия оригинала и модели, нетрудно прийти к следующему выводу. Несмотря на то, что модель является односторонним и неполным отражением объекта-оригинала, существует такой частный аспект оригинала, который отображается в модели объективно-истинно и исчерпывающе. По словам У. Росс Эшби, «... знание может быть частичным и все-таки оставаться полным в себе»³⁶¹. В случае гомоморфного соответствия модели и оригинала существует такое упрощение оригинала («фактор-группа»), которое является изоморфным с моделью. В том случае, если это упрощение сохраняет главные, определяющие в данном отношении элементы и свойственную им структуру³⁶², мы имеем модель, которая в основном правильно передает отношения, свойственные оригиналу, отвлекаясь при этом от второстепенного, побочного. В неразрывном единстве выступают в такой модели абсолютная и относительная истина. Приближение к абсолютной истине выступает здесь как выделение новых частных изоморфизмов и построение моделей, сочетающие эти изоморфизмы (напомним хотя бы развитие моделей атомного ядра). Неадекватность модели, таким образом, может проявляться в двух аспектах.

Во-первых, она может быть обусловлена тем, что то упрощение, которое является изоморфным данной модели, слишком схематично, «сверхупрощено», т. е. оно не охватывает тех элементов и связей объекта, изучение которых уже стало насущной потребностью практики. В этом случае модель необходимо расширить, ввести в нее новые элементы, отображающие те сто-

³⁶¹ Росс Эшби Х. «Введение в кибернетику», Москва, 1959, стр. 150.

³⁶² Об определяющих элементах и упрощении сложных структур, см. В. И. Свидерский «О диалектике элементов и структуры в объективном мире и в познании», Москва, 1962, стр. 51—57 и 256—258 соответственно.

роны оригинала, от которых раньше отвлекались. При этом оказывается, что одна из возможных моделей изучаемого объекта допускает такое расширение естественным образом, а другая — нет. Модели, изоморфные между собой на одном уровне наших знаний, будучи на этом уровне эквивалентными отображениями оригинала, на более глубоком уровне уже не являются таковыми. Отсюда получается объяснение уже отмеченному нами сужению класса возможных моделей при углублении исследования. Но тут законно поставить вопрос: всегда ли возможно дополнение модели все новыми и новыми частными изоморфизмами? Если речь идет о воображаемых моделях, элементы которых взяты из непосредственно созерцаемого мира (а оригиналом может быть объект мира любой онтологической природы³⁶³), то на этот вопрос следует ответить отрицательно. Объекты «негеоцентрического мира» не поддаются прямому и исчерпывающему воображаемому моделированию, если базисом познания является геоцентрический мир³⁶⁴.

Во-вторых, неадекватность модели может быть связана с тем, что она не передает изоморфно некоторое кардинальное отношение. Попытки «дополнения» такой модели могут вести только к кажущимся успехам; рано или поздно приходится отказаться от таких моделей. Напоминаем в этой связи историю моделей эфира. Они не могли дать удовлетворительного объяснения (и даже описания) электромагнитных процессов в конечном счете потому, что все они были неизоморфны действительности уже на самом низком уровне — «уровне существования» (так как того реального объекта, моделями которого они мыслились, — эфира — просто не существует).

Возможность выделения в модели одной стороны, одного аспекта исследуемого объекта, вообще возможность исследования вещей путем анализа и синтеза имеет онтологическую основу в общей структуре реального мира, в его расчлененности на структуры разного порядка, находящиеся в отношении субординации и координации³⁶⁵. Относительная самостоятельность элементов в структуре дает возможность отвлекаться в определенных пределах от их собственной внутренней структуры, так

³⁶³ См. об этом в книге В. П. Бранского «Философское значение проблемы наглядности в современной физике», Ленинград, 1962, часть третья, глава I.

³⁶⁴ В этом случае невозможно построение наглядного образа (каковым является воображаемая модель) в силу ненаглядности I рода (в смысле В. П. Бранского). Как мы уже указали, возможности такого моделирования все-таки более широкие, благодаря возможности перетолкования элементов воображаемой модели.

³⁶⁵ Об «многоструктурности» явлений см. В. И. Свидерский «О диалектике элементов и структуры в объективном мире и в познании», Москва, 1962; стр. 27—28. Некоторые аспекты вопроса рассматривались в нашей статье «О соотношении элементов и структуры в сложных явлениях», Уч. зап. Тартуского гос. университета, Труды по философии, VI, 1962, стр. 25—38.

как та не очень значительно сказывается на том уровне организации материи, куда данный объект входит как относительно неизменный, целостный и автономный. На этом уровне возможна модель, изоморфно отображающая определенное отношение. Например, химическая структурная формула изоморфно отражает способ связи атомов в молекуле. На этом уровне атом выступает как относительно неизменный «элемент», что дает возможность во многих проблемах отвлекаться от его собственной структуры, заменяя атом его символом. Порядок связи при этом отражается в формуле изоморфно (чего нет в номенклатурной формуле, отражающей изоморфно лишь состав молекулы). Но как только возникает вопрос о природе химической связи, мы вступаем в такую область, где от собственной структуры атомов, составляющих молекулу, отвлекаться невозможно. Тут необходима новая модель, которая, однако, оставляет в силе результаты, полученные на основе более примитивной модели в том объеме и с той точностью, с которой они были установлены и практически подтверждены («принцип соответствия»).

*
*
*

В последнюю очередь мы детально разберем одну конкретную модель в качестве примера и попытаемся выяснить, какова ее роль в движении познания. Этот пример мы выбрали из теории кристаллофосфоров. Экспериментом установлено, что между спектрами возбуждения и излучения щелочно-галогидных фосфоров и спектральными характеристиками свободного атома активатора имеется довольно однозначное соответствие. Отсюда разумно заключить, что спектральные характеристики фосфора определяются соответствующими термами иона активатора, которые в значительной мере искажены внутрикристаллическим микрополем. На первый взгляд, трудно сопоставить полосы излучения фосфора с конкретными электронными переходами в ионе активатора, тем более, что внешнее поле изменяет и правила отбора (например, может нарушаться запрет интеркомбинации). Таким образом, исходная ситуация является довольно сложной и неопределенной — фактически мы имеем лишь ряд экспериментальных данных, связь которых еще следует установить. Сейчас необходимо выделить в сложном явлении главное, определяющие факторы, необходимо путем абстракции «погасить» второстепенные эффекты, чтобы изучить главное в «чистом» виде. В исходных экспериментальных данных мы имеем лишь интегральный эффект, который определяется различными взаимно переплетающимися воздействиями. Необходимо подвергать анализу этот интегральный эффект,

выяснить те внешние воздействия и внутренние свойства, через которые данные внешние воздействия (возбуждающий свет, поле кристалла) приводят к известному из эксперимента эффекту. Выясняя существенные внутренние свойства, мы можем путем сопоставления и синтеза мысленно восстановить исходный интегральный эффект, но тогда он уже выступает как проанализированный по своему содержанию. Это будет один «познавательный цикл», в результате которого что-то станет нам «понятным».

Исходя из вышеуказанных экспериментальных данных, Зейтц выдвинул модель центра люминесценции, состоящую из находящегося в узле кристаллической решетки иона активатора и 6-ти взаимодействующих с ним ионов галоида, которые оказывают наибольшее влияние на него (в результате частичного «перекрытия» их электронных облаков). Учитывая только полносимметрические нормальные колебания и пользуясь методом конфигурационных координат, рассчитывается (частично квантомеханически, частично классически) энергетическое состояние иона активатора. На основании расчета могут быть вычерчены потенциальные кривые и на основе некоторых дополнительных соображений рассчитаны такие спектральные характеристики (максимумы полос, их полуширины и т. д.), которые уже могут непосредственно сравниваться с экспериментом. На модели выясняется и механизм потерь Стокса, может даваться критерий возникновения люминесценции и т. д. Дальнейшее уточнение модели дает возможность учитывать ангармоничность колебаний, роль нормальных колебаний, имеющих более низкий порядок симметрии и т. д. В дальнейшем требуют уточнения уже исходные данные. Как видно, данная модель удовлетворяет требованиям познания как на стадии анализа, так и на стадии синтеза. Анализ, который выделяет внутренние свойства исследуемого объекта, связан с отвлечением от прочих внешних воздействий (кроме одного, главного). Реализуется такое отвлечение тем путем, что условия, от воздействия которых необходимо отвлекаться, считаются константными (предполагая, что воздействия складываются аддитивно или почти аддитивно). Такая абстракция не есть просто пренебрежение каким-либо множеством факторов, а прежде всего выяснение того, каким образом рассматриваемое явление зависит от другого. А это достигается путем устранения других воздействий, приводящих к данному эффекту.

«Мышление», — писал В. И. Ленин, — восходя от конкретного к абстрактному, не отходит — если оно правильное (NB) ... от истины, а подходит к ней»³⁶⁶.

Те факторы, от которых мы отвлекаемся на ранней стадии исследования явления, становятся в центре нашего внимания в

³⁶⁶ Ленин В. И., Сочинения, т. 33, стр. 161.

дальнейших познавательных «циклах». Их присоединение дает нам возможность восстановить непосредственно данную конкретность в наших представлениях все полнее и детальнее. Но поскольку и эта «исходная данность» все время обогащается благодаря тому, что рассматриваемое явление выступает перед нами в новых связях с другими явлениями, то ясно, что процесс познания никак не может дойти до абсолютной завершенности.

В ходе практического применения модельного представления очень важно всегда, когда это только возможно, сопоставить следствия, вытекающие из нашей модели, с реальной действительностью, экспериментом. Иначе может легко осуществляться «отлет фантазии от реальности», как это в свое время произошло в квантовой химии, где порочное «модельное» истолкование квантовомеханического расчета волновой функции молекулы привело к представлению о резонансе между «структурами», существующими только на бумаге, а не в действительности. Опасность заключается тут в следующем. Используя модель, мы ставим своей целью объяснение определенных результатов опыта. Но главное в данном случае не достижение самой этой цели. Это лишь индикатор возможной адекватности наших рассуждений с действительностью (возможной потому, что не исключена возможность какой-либо иной модели). Но само объяснение механизма явления состоит в установлении реального прообраза промежуточным звеньям в наших рассуждениях в пределах рассматриваемой модели. Отсюда ясно, что процесс познания никак не может завершаться одним «циклом», а практика как критерий истинности имеет относительный характер. Модель не может быть построена сразу однозначно, не может выражать истину во всей ее полноте. Неверность или ограниченность модели обнаруживается, как только мы выходим за пределы того ограниченного опыта, на основе которого модель создавалась. Для доказательства правоты модели требуется много экспериментальных данных (их доказательность не является никогда абсолютной, а, так сказать, асимптотической). Для опровержения же модели требуется лишь один «*experimentum crucis*» (решающий опыт).

В ходе приближения наших знаний к абсолютной истине происходит сужение класса возможных моделей. (На такой процесс мы указывали, когда речь шла о теории ядра). Если же оказывается, что с ростом уровня наших знаний приходится вводить искусственно все новые и новые независимые гипотезы об элементах и структуре модели, то это — указание на порочность наших основных концепций. Достаточно напомнить эпициклы системы Птолемея, число которых возросло по мере уточнения наблюдений, или развитие механических теорий эфира, заканчивая «гиростатической» моделью Томсона, которая, если пренебречь принципом историзма, может рассматриваться

как пример бестолкового применения исключительной находчивости и изобразительности.

Сам путь познавательного процесса, включающий в себя как момент построение мысленной модели, определяется конкретной действительностью как объектом и целью познания. В стадии анализа мы расчлняем непосредственно данное на составляющие, а в стадии синтеза мы восстанавливаем исходную конкретность, мысленно исходя из этих составляющих. В этом процессе возникают противоречия: модель не дает возможности объяснить все детали конкретного и нуждается сама в уточнении, чтобы устранить расхождение между теорией и практикой в следующем приближении. В результате такой аналитико-синтетической деятельности сознания, исходная конкретность восстанавливается шаг за шагом. «В этом поворотном пункте метода течение познания возвращается вместе с тем обратно в себя самого. Эта отрицательность есть как снимающее себя противоречие, восстановление первой непосредственности, простой всеобщности: ибо другое другого, отрицательное отрицательного непосредственно есть положительное, тождественное»³⁶⁷.

Метод моделей основывается на аналогии, но не любая аналогия правомерна, она может оказаться «внешней» или слишком ограниченной. Априорно, конечно, трудно установить пригодность той или иной аналогии, хотя существуют попытки выработать правила, подобные модусам силлогизма, для обоснованных аналогий. Мы отмечаем лишь одну сторону вопроса, которая нам кажется довольно существенной. Всякая аналогия опирается на тождественность определенных сторон и отношений в двух объектах. Но любой вывод, т. е. развитие познания, возможен лишь тогда, когда, кроме того отношения, которое служит основой аналогии, из модели вытекает еще другое отношение, предположение которого в действительности и является содержанием заключения по аналогии. Если же такого «свободного» отношения в модели не оказывается, то мы можем установить только факт аналогичности и ничего больше. Ясно, что подобная «модель» не может служить средством познания. Близкой к такой крайности, например, является модель ферми-газа в теории ядра, из которой можно извлечь весьма мало выводов. С другой стороны, если «свободных» отношений в модели много, то она, вероятно, слишком произвольна. Короче говоря, модель должна обладать некоторой не слишком большой избыточностью по числу вытекающих из нее отношений над теми отношениями, которые служат для установления самого факта аналогичности.

Познавательная ценность любой модели зависит от того, на-

³⁶⁷ Гегель, Сочинения, т. VI, Москва, 1939, стр. 310.

сколько полно в ней отражены существенные черты исследуемого явления. Мысленная модель является единством научной абстракции и наглядного образа и, по сути дела, она есть развитое специальное представление, к которому мы приходим главным образом со стороны абстрактного мышления. В современной физике роль абстракции в моделях значительно возросла, но это никак не означает, что они произвольные конструкции ума, какими пытаются их изображать философы-идеалисты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс К. Капитал, т. I, Госполитиздат, 1955.
 2. Маркс К. К критике политической экономии, К. Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения, т. 13, Госполитиздат, 1959.
 3. Маркс К. Тезисы о Фейербахе. К. Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения, т. 3, Госполитиздат, 1955.
 4. Энгельс Ф. Анти-Дюринг. Госполитиздат, 1957.
 5. Энгельс Ф. Людвиг Фейербах и конец классической немецкой философии. К. Маркс и Ф. Энгельс, Избр. произведения, т. II, Госполитиздат, 1955.
 6. Энгельс Ф. Диалектика природы, Госполитиздат, 1955.
 7. Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм, Сочинения, т. 14.
 8. Ленин В. И. Философские тетради. Соч., т. 38.
 9. Ленин В. И. О значении воинствующего материализма, Соч., т. 33.
 10. Ленин В. И. Карл Маркс. Соч. т. 21.
 11. Хрущев Н. С. О Программе Коммунистической партии Советского Союза. Доклад на XXII съезде КПСС 18 октября 1961 года.
 12. Программа Коммунистической партии Советского Союза. Москва, Госполитиздат, 1961 г.
- * * *
13. Айзенбуд Л., Вигнер Е. «Структура ядра». Москва, 1959.
 14. Алексеев М. Н. «Диалектика форм мышления». Москва, 1959.
 15. Алиханов А. И. «Слабые взаимодействия». Москва, 1960.
 16. Ананьев Б. Г. Психология чувственного познания. Изд. АПН РСФСР, Москва, 1960.
 17. Ахизер А. и др. Спиновые волны в ферромагнетиках и антиферромагнетиках. УФН, LXXI, № 4, 1960.
 18. Баженов Л. Б. Основные вопросы теории гипотезы. М. 1961.
 19. Бардин, Дж., Шриффер, Дж. Новое в изучении сверхпроводимости, М., 1962.
 20. Бернштейн Н. А. Пути и задачи физиологии активности. Вопросы философии 6, 1961, стр. 77—92.
 21. Блохинцев Д. и др. Структура нуклонов. УФН, июль 1959, т. LXVIII, т. III, вып. 3.
 22. Блюменфельд Б. М. К характеристике нагляднодействующего мышления. Изв. АПН РСФСР, № 13, 1948.
 23. Боголюбов Н. Н. Проблема динамической теории в статистической физике, М. 1946.
 24. Боголюбов Н. Н., Ширков Д. В. Введение в теорию квантованных полей. М., 1957.
 25. Бокарев В. А. Элементы обобщенности образа в чувственном познании. Философские науки, 2, 1962, стр. 83—90.

26. Больцман Л. Очерки методологии физики. М. 1929.
27. Больцман Л. Лекции по теории газов. Москва, 1954.
28. Бом, Д. Причинность и случайность в современной физике. М., 1959.
29. Бом Д. Квантовая теория М., 1961.
30. Бор Н. Атомная физика и человеческое познание. М., 1961.
31. Борн М. Физическая реальность. УФН, 1957, 62, вып. 2, стр. 130.
32. Бранский В. П. Философское значение проблемы наглядности в соврем. физике. Вестн. ЛГУ, 5, 1957.
33. Бранский В. П. Философское значение проблемы наглядности в современной физике. Ленинград, 1962.
34. Бриллюэн, Л. Термодинамика, статистика и информация. УФН, XXVII, вып. 2, 1962, стр. 337—352.
35. Бунге, М. Причинность. М., 1962.
36. Буш, Р., Мостеллер, Ф. Стохастические модели обучаемости. М., 1962.
37. Бухалов Ю. Ф. О соотношении субъективного и объективного в познавательном образе. Вопросы философии, 5, 1961.
38. Вайскопф, В. Проблемы ядерной структуры. УФН т. 76, вып. 1, стр. 153—157.
39. Валлон, А. От действия к мысли. Москва, 1956.
40. Вальт, Л. О. О познавательной функции модельных представлений в современной физике. Вестник ЛГУ, № 5, 1961, стр. 74—84.
41. Веккер Л. М., Ломов Б. Ф. О чувственном образе как изображении. Вопросы философии, 4, 1961.
42. Веселов М. Г. и др. Обобщения «металлической» модели. Изв. АН СССР, сер. физ. 1954, 18, № 6, стр. 711—712.
43. Веселов М. Г. Элементарная квантовая теория атомов и молекул. М., 1962.
44. Вижье, Ж. П. Некоторые методологические вопросы теории «элементарных» частиц. ВФ, 3, 1961, 118—122.
45. Винер, Н. Нелинейные задачи в теории случайных процессов. М., 1961.
46. Витрувий. Об архитектуре. М. 1936.
47. Волькенштейн Ф. Ф. Электронная теория катализа на полупроводниках. М. 1960.
48. Вопросы причинности в квантовой механике. М., 1955.
49. Гегель, Сочинения, т. I, VI.
50. Гейзенберг В. Философские проблемы атомной физики. Москва, 1953.
51. Гельм, Г. Границы применения в физике механических моделей. Сб. «Новые идеи в философии», СПб. 1912.
52. Г. Герц. Принципы механики, изложенные в новой связи. АН СССР, 1959.
53. Глезер В. Д., Цуккерман И. И. Информация и зрение. Изд. АН СССР, Москва, 1961.
54. Горский Д. П. Вопросы абстракции и образование понятий. Москва, 1961.
55. Гурова Л. Л. Мыслительные операции в процессе осознанного решения задач. Вопр. психол. 6, 1961.
56. Дембовский Я. Психология животных. Москва, 1959.
57. Дирак, П. А. М. Принципы квантовой механики. М., 1960.
58. Дюгем, П. Физическая теория, ее цель и структура. СПб, 1910.
59. Жданов Ю. А. Очерки методологии органической химии. М., 1960.
60. Забелин И. О культуре мышления. Новый мир, 1, 1961, стр. 158—165.
61. Зельдович Я. Б. Симметричная составная модель сильно взаимодействующих частиц. ЖЭТФ, т. 40, вып. 1, 1961, стр. 319—323.
62. Зинченко В. П. Движения глаз в формировании образа. Вопросы психологии, 1958, № 5.
63. Зиновьев И. М., Ревзин И. И. Логическая модель как средство научного исследования. Вопросы философии, № 12, 1960.

64. История и методология естественных наук, 1, М., 1960.
65. Инфельд, Л., Плебаньский, Е. Движение и релятивизм. М., 1962.
66. Кедров Б. М. Взаимосвязь двух ступеней познания. Философские науки, 5, 1962, стр. 50—58.
67. Кедров Б. М. Диалектические черты современного естествознания. Тезисы сообщения на совещании заведующих кафедрами общественных наук вузов РСФСР, Изд. МГУ, 1960.
68. Кедров Б. М. О повторяемости в процессе развития. М., 1961.
69. Кирко М. М. Физическое подобие и аналогия намагничивания ферромагнитных тел. Рига, 1955.
70. КлейнпETER, Г. Теория познания современного естествознания ... СПб. 1910.
71. Кондратьев В. Н. Структура атомов и молекул. М., 1959.
72. Копнин, П. В. Диалектическая логика и научное исследование. Вопросы философии 10, 1962, стр. 3—9.
73. Коршунов, А. М. Образ и знак. (К теории познания) Вестн. МГУ, сер. 8, 1962, № 1.
74. Корякин Ю. И. Биография атома. Москва, 1961.
75. Кубис, Л. Первая атомная модель. Уч. записки Сталинградск. пед. ин-та 1953, № 3.
76. Кудрявцев, П. С. История физики. I—II М. 1956.
77. Кузнецов, И. В. О математической гипотезе. Вопросы философии, 10, 1962, стр. 82—93.
78. Кузнецов, Б. Г. Эйнштейн. М. 1962.
79. Кузнецов, Б. Г. Эволюция картины мира. М., 1961.
80. Кузнецов Б. Г. Принципы классической физики. М., 1958.
81. Курош А. Г. Лекции по общей алгебре. М., 1962.
82. Ланда Л. Н. О кибернетическом подходе к теории обучения. Вопросы философии, 9, 1962, стр. 75—87.
83. Ландау Л., Смородинский Я. Лекции по теории атомного ядра. М. 1955.
84. Левич В. Г. Введение в статистическую физику. М., 1954.
85. Лифшиц И. М. Квазичастицы в современной физике. Природа 1958, № 3, стр. 11—20.
86. Лодж О. Д. Непрерывность. М., 1914.
87. Лорентц Г. А. Теория и модели эфира. М.-Л., ОНТИ, 1936.
88. Лорентц Г. А. Теория электронов. Москва, 1951.
89. Лушник Ч. Б., Лийдья Г. Г. Экситонные центры захвата. Труды ИФА АН ЭССР, 7, 1958, стр. 193—225.
90. Люстерник П. А., Соболев С. Л. Некоторые вопросы вычислительной математики. Вестн. АН СССР, 10, 1960, стр. 23—31.
91. Майер, Дж., Гепперт-Майер, М. Статистическая механика. М., 1952.
92. Мак-Витти Г. Общая теория относительности и космология. М., 1961.
93. Максвелл, Дж. К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. Москва, 1952.
94. Мамардашвили, М. К. Процессы анализа и синтеза. ВФ 2, 1958, 56.
95. Марков, А. А. Теория алгорифмов. Труды математического института АН СССР, т. 42, Москва, 1954.
96. Марков, М. А. Гипероны и К-мезоны. М. 1958.
97. Маслов, П. П. Моделирование в социологических исследованиях. Вопросы философии, 3, 1962, стр. 62—78.
98. Математика, ее методы, содержание и значение. Москва, 1956.
99. Махъ, Э. Научно-популярные очерки. 1901.
100. Мах, Э. Познание и заблуждение. Москва, 1909.
101. Мейерсон, Э. Тожественность и действительность. СПб, 1912.
102. Меринг, Ф. Карл Маркс. История его жизни. Москва, 1957.
103. Ми, Г. Курс электричества и магнетизма. Одесса, 1912.

104. Микрюков, В. Е. Курс термодинамики. М., 1955.
105. Милле, Ж. Ф. Сила искусства — в умении видеть возвышенное в обыденном. Курьер ЮНЕСКО, № 7/8, 1961, стр. 6—7.
106. Мировоззренческие и методологические проблемы научной абстракции, М., 1960.
107. Михеев, Г. И. Сущность гипотезы, как формы мышления. Уч. зап. АОН, вып. 37.
108. Михельсон, В. А. О многообразии механических теорий физических явлений. Собр. соч., 1, 1930, стр. 360—373.
109. Млодзеевский, А. Б. Геометрическая термодинамика. М., 1956.
110. Науменко, Л. К. Активность познающего субъекта в процессе познания. Изв. АН Казахской ССР, сер. экон.-филос., Алма-Ата, 1960, вып. 1, стр. 75—88.
111. Немировский, П. Э. Современные модели атомного ядра. М., 1960.
112. Нелеп, А. Об объективных основах анализа и синтеза. Труды Донецкого политехн. ин-та, т. 57, сер. общ. наук 1, 1960.
113. Нелеп, А. Т. К вопросу о роли анализа и синтеза в движении познания от конкретного к абстрактному и наоборот. Труды Донецкого индустр. ин-та, т. 31, вып. 2, 1958, стр. 173—205.
114. Нелинейная квантовая теория поля. М., 1959.
115. Никитин, Е. П. Природа научного объяснения и современный позитивизм. Вопросы философии, 8, 1962, стр. 96—107.
116. Новожилов, Ю. В. Элементарные частицы. М., 1959.
117. Омельяновский, М. Э. Фальсификаторы науки. Вопросы философии, № 3, 1948.
118. Омельяновский, М. Э. Проблема наглядности в физике. Вопросы философии, 11, 1961, стр. 54—62.
119. Осипов, Г. С. К вопросу о проблеме прерывности и непрерывности в квантовой теории твердого тела. Сб. Философские вопросы физики и химии, Уральский филиал АН СССР, Свердловск, вып. I, 1959.
120. Оствальд, В. Натурфилософия, СПб, 1910.
121. Очерки развития основных физических идей. М., 1959.
122. Пайерлс, Р. Квантовая теория твердых тел. М., 1956.
123. Пирсон, К. Грамматика науки. Спб. изд. Шиповник. Год выхода не отмечается; (около 1901).
124. Планк, М. Физические очерки. М., 1925.
125. Полак, Л. С. Вариационные принципы механики, их развитие и применение в физике. М., 1960.
126. Пономарев, Я. А. Психология творческого мышления. М., 1960.
127. Применение логики в науке и технике, М. 1960.
128. Проблема причинности в современной физике. М., 1960.
129. Рашевский, П. К. Геометрия и ее аксиоматика. Математическое просвещение, 1960, № 5.
130. Ребане, Я. К. К вопросу об отражении объективной действительности в логической структуре мышления. Уч. зап. ТГУ, III, 1961, стр. 3—27.
131. Ревзин, И. И. Модели языка. Изд. АН СССР, М. 1962.
132. Рей, А. Энергетическое и механическое миропонимание, СПб, 1910.
133. Розенберг, Э. И. К вопросу о роли аналогии в современном естествознании. Труды Новосибирского инженерно-строительн. ин-та, т. IX, общественные науки, Новосибирск. 1959, стр. 225—233.
134. Розенталь, М. О диалектической логике. Коммунист, № 11, 1960.
135. Рубинштейн, С. Л. Основы общей психологии. М., 1940.
136. Рубинштейн, С. Л. Бытие и сознание, М. 1958.
137. Рубинштейн, С. Л. Принципы и пути развития психологии. Москва, 1959.
138. Рюхардт, Э. Строение вещества и излучение. М., 1961.
139. Сагатовский, В. Н. О соотношении понятия и представления в процессе познания. Сборн. научн. работ каф. ист. КПСС и филос. (Томский мед. ин-т), Томск, 1960, стр. 61—73.

140. Саката, С. Новое представление об элементарных частицах, Вопросы философии, 6, 1961, стр. 129—141.
141. Салосин, В. Т. О некоторых особенностях развития современной физики. Уч. зап. Саратовского гос. ун-та, 1959, 73, 189—198.
142. Сапар, А. К нейтринной теории элементарных частиц и полей. Публикации Тартуской астрон. обс. XXXIII, № 4, Тарту, 1960.
143. Сафонов, Ю. Ф. Теоретико-познавательные принципы объединительных теорий в физике. Вестн. МГУ, сер. эк.-фил. № 5, 1960.
144. Свидерский, В. И. Противоречивость движения и ее проявления. Ленинград, 1959.
145. Свидерский, В. И. О диалектике элементов и структуры в объективном мире и в познании. Москва, 1962.
146. Сент-Дьердьи, А. Биоэнергетика. М., 1959.
147. Сеченов, И. М. Избранные философские и психологические произведения. Москва, 1947.
148. Сивоконь, П. Е. О происхождении и философском значении естественно-научного эксперимента. М., 1962.
149. Слюсарев, Г. Г. О возможном и невозможном в оптике. М., 1957.
150. Столович, Л. Н. Эстетическое в действительности и в искусстве. Москва, 1959.
151. Сурков, Е. Н. О соотношении чувственного и «логического» компонентов в представлениях о движении у гимнастов различной квалификации. Докл. АПН РСФСР, 6, 1961.
152. Тамм, И. Е. Современное состояние теории элементарных частиц. Вестник АН СССР, 1960, № 10.
153. Тарасов, И. Д. Три вновь открытых закона. Екатеринослав, 1906.
154. Тюхтин, В. С. О сущности отражения. Вопросы философии, 5, 1962, стр. 59—71.
155. Уемов, А. И. Индукция и аналогия. Иваново, 1956.
156. Уемов, А. И. Аналогия и модель. Вопросы философии, 3, 1962, стр. 138—145.
157. Умов, Н. А. Сочинения, т. III. Москва, 1916.
158. Физика и химия жизни. М., 1960.
159. Философские вопросы современной формальной логики. М., 1962.
160. Философские вопросы современного учения о движении в природе. Ленинград, 1962.
161. Философские вопросы физики и химии. Свердловск, 1959.
162. Френкель, Я. И. Замечания к квантово-полевой теории материи. УФН, XLII, 1950.
163. Френкель, Я. И. Корпускулярный аспект материи. УФН, XLIV, 1951.
164. Фролов, И. Т. Гносеологические проблемы моделирования биологических систем. ВФ 2, 1961, 39—51.
165. Хюккель, В. Теоретические основы органической химии. т. I—II ИИЛ, М., 1955.
166. Чендов, Б. Върху ролята на феноменологичното изучаване на физическите явления и критика на феноменализма въ физиката. Труды Высшего икон. ин-т. София, 1960, кн. 1, стр. 369—402.
167. Чернов, А. П. К вопросу об умственном экспериментировании. Уч. зап. Горьк. гос. пед. ин-т иностр. языков, вып. 17, 1961, стр. 123—143.
168. Шеварев, В. А. Абстрагирование наглядно данных свойств и особенностей у предметов. Вopr. психол. 6, 1961.
169. Шемякин, Ф. Н. К проблеме словесных и чувственных обобщений. Изв. АПН РСФСР, вып. 113, 1960, стр. 72—75.
170. Штофф, В. А. К вопросу о роли модельных представлений в научном познании. Уч. зап. ЛГУ, № 248, 1958, 117—135.
171. Штофф, В. А. О роли моделей в квантовой механике. Вопросы философии, № 12, 1958.
172. Штофф, В. А. Критика непозитивистского понимания моделей в познании. Вестн. ЛГУ, 1961, № 5.

173. Штофф, В. А. Гносеологические функции модели. Вопросы философии, 12, 1961, стр. 53—65.
174. Юлина, Н. С. и др. Некоторые проблемы современной философии. Москва, 1960.
175. Яновская, С. А. О некоторых чертах развития математической логики и отношении ее к техническим применениям. Сб. «Применения логики в науке и технике», Изд. АН СССР, Москва, 1960.

* * *

176. Aliotta, A. The Idealist Reaction against Science. London, 1914.
177. Aliotta, A. Science and religion in nineteenth century. N. York, 1955.
178. Arzt und Philosophie. Berlin, 1961.
179. Auerbach, F. Die Methode der theoretischen Physik in Lichte neuerer Forschungen. Stuttgart, 1926.
180. Barry, F. The scientific habit of thought, Cambridge, 1927.
181. Barthel, E. Vorstellung und Denken. München, 1931.
182. Bavink, B. Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften. Leipzig, 1941.
183. Benjamin, A. An Introduction to the Philosophy of Science. N. Y. 1937.
184. Benjamin, A. C. The logical structure of science. London, 1936.
185. Bergmann, G. Physics and Ontology. Philos. Sci. 1961, 28, nr. 1 p. 1—14.
186. Blaschke, W. Reden und Reisen eines Geometers. Berlin, 1961.
187. Boltzmann, L. Über die Frage nach der objektiven Existenz der Vorgestellten. Populärwissenschaftliche Schriften, 1905.
188. Bochenski, J. M. Die Zeitgenössische Denkmethode. Bern, 1959.
189. P. de Bois-Reymond. Über die Grundlagen der Erkenntnis in der exakten Naturwissenschaften. Tübingen, 1890.
190. Boltzmann, L. Über die Methoden der theoretischen Physik. Katalog mathematischer und math-physikalischer Modelle, Apparate u. Instrumente. München, 1892.
191. Boltzmann, L. Populäre Schriften. Leipzig, 1905.
192. Bopp, F. Ein statistisches Modell für den Grundprozess in der Quantentheorie der Teilchen. Z. Naturforsch. 1953, 8-a, nr. 4, 288—233.
193. Born, M. Physik und Politik. «Geist und Zeit», 1961, Hf. 4, S. 6—18.
194. Born, M., Lande, A. Kristallgitter und Bohrsches Atommodelle. Verh. d. Deutsch. Phys. Gesellschaft, 20, 1918, S. 202—216.
195. Braithwaite, R. B. Scientific explanation. Cambridge, 1953.
196. Bridgman, P. W. The logic of modern physics. New York, 1927.
197. Braithwaite, R. B. The Nature of theoretical Concepts and the Role of Models in an advanced Science, Revue Internationale de Philosophie, 1954, fasc. 1—2.
198. Brauner, B. Einstein und Mach. Nature, 113, 1924.
199. Broad, C. D. Scientific thought. N. York, 1959.
200. Burt, E. A. The metaphysical foundations of modern physical science. London — N. York, 1925.
201. E. F. Caldin. The Power and Limits of Science. London, 1949.
202. Carnap, R. Der logische Aufbau der Welt. München — Berlin, 1928.
203. Cassirer, E. Substanzbegriff und Funktionsbegriff. Berlin, 1910.
204. Cassirer, E. Philosophie der symbolischen Formen. Berlin, 1925. T. 1—2.
205. Cassirer, E. Das Erkenntnisproblem in d. Philosophie und Wissenschaft d. neuen Zeit. 1—2, Berlin, 1906 — 07.
206. Craik, K. J. W. The Nature of Explanation. Cambridge, 1952.
207. Coulson, G. A. Science and Religion. Cambridge, 1955.
208. d'Abramo, A. The evolution of scientific thought from Newton to Einstein. 481 p. N. York, 1950.
209. Daitz, E. Picture Theory of Meaning. In «Essays in Conceptual Analysis». London, 1956.

210. Dambarska, I. Le concept de modelé et son rôle dans les sciences. *Revue de synthése*, Paris, 1959. V. 80, nr. 13—14.
211. Dantzig, van D. *Wiskunde, Logika en Ervaringswetenschappen. Syllabus Studium Generale*, 1946, bl. 71—104.
212. Dantzig, D. van. General procedures of empirical Science. *Synthese*, 5, 1947, 441—445.
213. Dantzig, D. van. Het wiskundige model in de ervaringswetenschappen. *Euclides* 29, (1953) 35—41.
214. Dantzig, van D. On the geometrical representation of elementary physical objects and the relations between geometry and physics. *Nieuw. arch. Wiskunde*, 1954, 2, nr. 2/3, p. 73—89.
215. Dänzer, H. Die Rolle des Modelis und des bildhaften Denkens in der naturwissenschaftlichen Forschung. *Physikalische Blätter*, Moschbach-Baden, 1960, Jg. 16, Heft 6, S. 305—309.
216. Deutsch, K. W. Some notes on Research on the Role of Models in the Natural and Social Science. *Synthese*, vol. VII (1948—49, nr. 6-B). p. 506—533.
217. F. Dessauer. *Naturwissenschaftliche Erkenntnis*. Freiburg, 1958.
218. Destouches, J. L. Sur la notion de modèle en microphysique. *Synthese*, XII, nr. 2/3, 1960, 176—181.
219. Destouches, Fevrier, P. La structure des theories physiques.
220. Dingler, H. *Physik und Hypothese*. Berlin, 1921.
221. Domenico, G. *Il relativismo sperimentale di Antonio Aliotta*. Roma, 1955.
222. Duhem, P. *Die Wandlungen der Mechanik*. Leipzig, 1912.
223. Eddington, A. S. *Das Weltbild du Physik und ein Versuch seiner philosophischen Deutung*. Braunschweig, 1931.
224. VI Eesti loodus uurijate päev. Ettekannete teesid, Tartu, 1961.
225. Einstein A. *Mein Weltbild*. Zürich, 1953. Europa-Verlag.
226. Einstein, A. *Ideas and opinions*. London, 1956.
227. Engeler, E. Eine Konstruktion von Modellerweiterungen. *Zs. f. math. Logik und Grundl. Math.* 1959, 5, nr. 2, 126—131.
228. Enriques, F. *Probleme der Wissenschaft*. I—II Leipzig Berlin, 1910 (*Wissenschaft und Hypothese*, XI₁, XI₂).
229. Euler, L. *Opera posthuma*, II, Berlin, 1910.
230. Feigl, H. *Theorie und Erfahrung in der Physik*. Karlsruhe, 1929.
231. Fischer A. «Die philosophischen Grundlagen der wissenschaftlichen Erkenntnis». Wien, 1947.
232. Frank, L. K. Multidimensional Models. «*American psychologist*», Lancaster Pa. 1959, vol. 14, nr. 8 p. 524—526.
233. Frank, Ph. Über die «Anschaulichkeit» physikalischer Theorien. *Naturwissenschaften*, 1928, 16, S. 121—128 (Heft 8).
234. Franke, H. W. Ein Strömungsmodell der Wellenmechanik. *Acta phys. Acad. Sci. Hung.* 1954, 4, nr. 2, 163—172.
235. Franz, W. Modell, Anschauung und Wirklichkeit in Physik. *Math.-phys. Semesterberichte*, 1953, 3, nr. 1/2, 48—56.
236. Frey, G. Symbolische und ikonische Modelle. *Synthese*, XII, nr. 2/3, 1960, 213—221.
237. Frey mann, W. *Filosoofia peaküsimusi*. Tartu, 1936.
238. Funke, G. Gewohnheit als philosophisches Problem. *Philosophisches Jahrb. der Görres-Gesellschaft München*, 1959, Jg. 67, S. 327—364.
239. Groenewold, H. J. Quantum mechanics and its models. *Synthese*. vol. 9, nr. 2., pp. 97—103, 1956.
240. Groenewold, H. J. Non — scientific elements in the development of science. *Synthese*, X, 1957, p. 293—311.
241. Groenewold, H. J. Objective and subjective aspects of statistics in quantum description. «*Observation and Interpretation*» (ed. Körner), London, 1958, p. 197—205.
242. Groenewold, H. J. The Model in Physics. *Synthese*, XII, nr. 2/3, 1960, 222—227.

243. Götlind, E. Two views about the function of models in empirical theories. «Theoria», Lund, 1961, vol. 27, pt. 2, p. 58—69.
244. Hadamard, J. The psychology of invention in the mathematical field. Dover Publications, 1960.
245. Hamilton, W. Discussions in philosophy, London, 1853.
246. Handel, P. Gedanken zu Physik und Metaphysik. Bergen, 1947.
247. Hanson, N. R. Patterns of Discovery. Cambridge, 1958.
248. Harre, R. An introduction to the logic of sciences. London, 1960.
249. Hartmann, M. Die philosophischen Grundlagen der Naturwissenschaften. Erkenntnistheorie und Metodologie. Stuttgart, 1959.
250. Hartmann, N. Philosophie der Natur. Berlin, 1950.
251. Hayek, F. A. Degrees of Explanation. Br. J. Phil. Sci. 6, nr. 23, 1955.
252. Heber, G. Über einige philosophisch wichtige Aspekte der Quantentheorie. «Naturwissenschaft und Philosophie», Berlin, 1960.
253. Helmholtz, H. Ueber die Erhaltung der Kraft. Berlin, 1847.
254. Helmholtz, H. Vorträge und Reden, I—II, 1884.
255. Heisenberg, W. Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik. Zsschr. f. Phys. 43, (1927) 3, u 4 Heft.
256. Heisenberg, W. Die physikalischen Prinzipien der Quantenmechanik. Leipzig, 1930.
257. Heisenberg, W. Das Naturbild der heutigen Physik. Hamburg, 1955.
258. Heisenberg, W. Physik und Philosophie. Stuttgart, 1959.
259. Hesse, M. B. On defining analogy. (Manuskript. To be published).
260. Hesse, M. B. The operational definition and analogy in physical theories. Br. Journ. phil. Sci. 1952, 2, 281.
261. Hesse, M. B. Models in physics. Br. Journ. Phil. Sci. 1953, vol. 4, nr. 15.
262. Hesse, M. B. Science and the human imagination. N. Y. 1955.
263. Hesse, M. B. Theories, dictionaries and observation. Br. Journ. Phil. Sci. vol. 9, nr. 33.
264. Hückel, E. Zur Entwicklung der Denkmodellen in der Chemie. Naturwissenschaftliche Rundschau, 1956, Heft 3.
265. Hunger, E. Die naturwissenschaftliche Erkenntnis. Einf. und Quellsammlung. I Braunschweig-Berlin, 1960.
266. Husserl, E. Logische Untersuchungen. II Band. Halle, 1922.
267. Hutten, E. H. Models in modern physics. BJPS. 1954, vol. 4, nr. 16.
268. Hutten, E. H. On the Pauli principle. Proceedings of the second international congress of the international union for the philosophy of science. Neuchatel, 1955.
269. E. H. Hutten. The language of modern physics. Cambridge, 1956.
270. Hutten, E. H. On explanation in psychology and physics, BJPS, VII, nr. 25, 1956, p. 73—85.
271. Jeans, J. Physik und Philosophie. Zürich und Stuttgart, 1947.
272. Jeffreys, H. Scientific inference. Cambridge, 1957.
273. Jevons, N. The principles of science. London, 1877.
274. Kaila, E. Terminalkausalität als die Grundlage eines unitarischen Naturbegriffs. Acta philosophica Fennica, fasc. X 1956.
275. Kard, P. Füüsikaliste suurusrealaalse probleemide gnoseoloogilistest alustest. TRÜ Toimetised, 89, 1960, lk. 77—88.
276. Kattsoff, L. O. Physical science and physical reality. Haag, 1957.
277. Kaulbach, F. Die Anschauung in der klassischen und modernen Physik. Philos. naturalis, 1958, 5, nr. 1, 76—95.
278. Kemeny, J. A philosopher looks at science. N. Y. 1959.
279. Klaus, G. Einführung in die formale Logik. Berlin, 1958.
280. Klaus, G. Die Rolle des Modells in der Kybernetik. «Forum», nr. 42, 1960 (Naturwissenschaftliche Beilage).
281. Kleinpeter, H. Die Erkenntnistheorie der Naturforschung der Gegenwart. Leipzig, 1905.
282. Korch, H. Zur Kritik des physikalischen Idealismus C. F. v. Weizsäckers. Berlin, 1959.

283. Korn, A. Mechanische Theorien der Lichtäther. *Physikalische Zeitschrift*, **19**, 1918, S. 201—203; 234—237; 327—330.
284. Kraft, V. Die Grundformen der wissenschaftlichen Methoden. Wien u. Leipzig, 1925.
285. Kraft, V. Der Wiener Kreis. Wien, 1950.
286. Krah, W. Anschaulichkeit. *Wissenschaftl. Zschr. d. Humboldt-Universität zu Berlin, Ges. und Sprachwissensch. Reihe*, 1961, nr. 2/3, S. 143—147.
287. Kuipers, A. Model and Insight. *Synthese*, XII, nr. 2/3, 1960, p. 249—256.
288. Kundt, U., Wenzlaff, B. Bewegung und Widerspruch. Berlin, 1962.
289. Lande, A. Quantum mechanics and common sense. *Endeavour*, 1956, nr. 58, p. 61—67.
290. Lande, A. From dualism to unity in quantum mechanics. *Br. Journ. Phil. Sci.* 1959, X.
291. Lande, A. From dualism to unity in quantum physics. Cambridge, 1960.
292. Lenard, P. Über Äther und Uräther. Leipzig, 1922.
293. Lenzen, V. F. Procedures of empirical science. Chicago, Illinois, 1938.
294. Lenzen, V. F. The concept of reality in physical theory. *The Philosophical Review*, July, 1945, p. 325—337.
295. Leonhard, K. Biologische Psychologie. Leipzig, 1962.
296. Loodus ja matemaatika, I. Tartu, 1959.
297. Lorenz, H. A. Collected papers. I—III. Amsterdam, 1936.
298. Mach, E. Die ökonomische Natur der physikalischen Forschungen. *Annalen der Naturphilosophie*, I, 1902.
299. Mach, E. Erkenntnis und Irrtum. Leipzig, 1906.
300. Mally, E. Abstraktion und Aenlichkeitserkenntnis. *Arch. f. syst. Philosophie*, 1900, VI, 291—310.
301. March, A. Natur und Erkenntnis. Wien, 1948.
302. March, A. Die Denkweise der heutigen Naturwissenschaften. Die neue Rundschau, 1952, Heft 2.
303. March, A. Die physikalische Erkenntnis und seine Grenzen. Braunschweig, 1955.
304. Margenau, H. The Nature of Physical Reality. N. Y., London, 1950.
305. Mariens, P. Die Ideologie der modernen Physik. *Phys. Blätter*, **15**, 1959, S. 560—565.
306. May, E. Zur Entwicklung der Prinzipien und Grundmodelle des wissenschaftlichen Denkens. In: Beiträge zur Einheit von Bildung in geistigen Sein. Berlin, 1958.
307. Melsen, A. G. The Philosophy of Nature. Pittsburgh, 1954.
308. Meson theory. Formalism and Models. *Suppl. Progr. Theor. Phys.*, 1955, nr. 1.
309. Meyer, H. On the heuristic value of scientific models. *Philosophy of Science*, **18**, (1951), p. 111—123.
310. Morris, C. Signs, language and behaviour. New York, 1946.
311. Mudry, J. Philosophy of Atomic Physics. N. York, 1958.
312. Mulckhuysen, J. J. Molecules and Models. *Synthese*, XII, nr. 2/3, 1960, 257—275.
313. Müller-Freienfels, R. Psychologie der Wissenschaft, Berlin, 1936.
314. Müller, H. Theorie und Modell in der Naturwissenschaft. *Kantstudien*, Köln, 1958/59, Bd. 50, Hf. 1, 5—18.
315. Natorp, P. Die logische Grundlagen der exacten Wissenschaft. Leipzig, 1910.
316. Neubert, A. Semantischer Positivismus in den USA. Halle, 1962.
317. Nickel, E. Das physikalische Modell und die metaphysische Wirklichkeit. Basel, 1952.
318. Novobatzky, K. F. Das klassische Modell der Quantentheorie. *Annalen der Physik*, 1951, nr. 9, S. 406.
319. Observation and interpretation. A symposium of philosophers and physicists, ed. S. Körner. London, 1957.
320. Peters. H. M. Sociomorphic Models in Biology. «Ratio» nr. 1, Oct. 1960.

321. Petzoldt, J. Die Relativitätstheorie der Physik. Zeitschrift für positive Philosophie, 1914, S. 30—45.
322. Petzoldt, J. Verbieta die Relativitätstheorie Raum und Zeit als etwas Wirkliches zu denken? Verhandlungen d. Deutschen Physikalischen Gesellschaft, 20, 1918, S. 193—203.
323. Petzoldt, J. Die Unmöglichkeit mechanischer Modelle zur Veranschaulichung der Relativitätstheorie. Verhandlungen d. Deutschen Physikalischen Gesellschaft, 21, 1919, S. 495—500.
324. Petzoldt, J. Das Weltproblem von Standpunkte des relativistischen Positivismus aus. Leipzig und Berlin, 1924.
325. Pham Xuan Yem. Modèle d'interaction entre corpuscules en theorie fonctionelle. Synthèse, XII nr. 2/3, 1960, 276—278.
326. Piaget, J. The child's conception of world. Genf. 1929.
327. Piaget, J. Traité de logique. Paris, 1949.
328. Piaget, J. Introduction a l'épistemologie genetique. Vol. I—III, Paris, 1950.
329. Piaget, J. Perception, apprentissage et empirisme. Dialectica, vol. 13, nr. 1, 1959, p. 6—18.
330. Piaget, J. Les modèles abstraits sont-ils opposés aux interpretations psycho-physiologiques, dans l'explication en psychologie? Revue de psychologie, vol. XIX, nr. 1, 1960, p. 57—66.
331. Planck, M. Die Stellung der neuen Physik zur mechanischen Naturanschauung. Berlin, 1910.
332. Poincare, H. La physique moderne, son evolution. Paris, 1911.
333. Poincare, H. Teadus ja hüpothees. Tartu, 1936.
334. Popper, K. R. Logik der Forschung. Vienna, 1935.
335. Reichenbach, H. Ziele und Wege der physikalischen Erkenntnis. Berlin, 1929.
336. Rickert, H. Die Grenzen der naturwissenschaftlichen Begriffsbildung. 1902.
337. Rickert, H. Der Gegenstand der Erkenntnis. Lpzg. 1904.
338. Rosenblueth, A. Wiener, N. The role of models in science. Philosophy of science, 12, nr. 4, 1945.
339. Russell, B. The ABC of relativity. Cambridge, 1925.
340. Schierle, H. K. Das Eindringen phänomenologischer Begriffsbildungen und Vorstellungen in die physikalische Theorienbildung. Meisenheim, 1958.
341. Schlick, M. Positivismus und Realismus. Erkenntnis, 3, 1932.
342. Schmücker, F. G. Die ontologische Konstitution der Vorstellung. Zeitschrift für philos. Forschung, Meisenheim-Glan 1961, Jan-März, Bd. 15, Hf. 1, S. 39—62.
343. Schrödinger, E. Die gegenwärtige Situation in Quantenmechanik. Die Naturwissenschaften, 1935, Hft. 48, 49.
344. Schrödinger, E. Are there quantum jumps? BJPS, 3, 1950, p. 109—116.
345. Schrödinger, E. Science and Humanism. Cambridge, 1952.
346. Schrödinger, E. Science theory and man. Cambridge, 1952.
347. Schrödinger, E. Geist und Materie. Braunschweig, 1959.
348. Schultz, J. Atommodelle. Annalen der Philosophie, 6, Heft. 6/7, S. 205—230.
349. Seiler, J. Philosophie der unbelebten Natur. Olten, 1948.
350. Smith, W. E. Philosophical physics. N. York, 1950.
351. Stachowiak, H. Die kausale, strukturelle und konditionale Erklärungsmodelle. Philosophia naturalis, 1957. Bd. 4, H. 1—4.
352. Strauss, L. Die Objektivierbarkeit in Physik. Physikalische Blätter, 13, nr. 4, 1957, S. 145—151.
353. Stumpf, C. Erkenntnislehre 1—3. Leipzig, 1939.
354. Suppes, P. A Comparison of the Meaning and Uses of Models in Mathematics and the Empirical Sciences. Synthèse 1960 XII, nr. 2/3, 287—301.
355. Szilard, L. Ueber die Entropieverminderung in einem thermodynamischen System bei Eingriffen intelligenter Wesen. Zs. f. Physik, Bd. 53, 1929.

356. Tarski, A. (edit.) Undecidable theories. Amsterdam, 1953.
357. Tarski, A. Contributions to the Theory of Models. Proceedings Kon. Nederl. Akad. Wetenschap., 1954.
358. Thomson, W. Tait, P. Treatise on natural philosophy. Oxford, 1867.
359. Thomson, W. The size of atoms. Proceedings of Royal Institution, 1883.
360. Thomson, W. Lectures on molecular dynamics and wave theory of light. Baltimore, 1884.
361. Toulmin, S. The philosophy of science. 1953.
362. Turner, J. Maxwell on the method of physical analogy. Br. J. Ph. Sc. 23, 1955.
363. Turner, J. Maxwell on the logic of dynamical explanation. Br. J. Ph. Sc. 1956, 23, nr. 1, p. 36—47.
364. Ubbink, J. B. Model, Description and Knowledge. Synthese, 1960, XII, nr. 2/3, 302—319.
365. Ullmo, J. Pensée scientifique moderne. Paris, 1958.
366. Vaihinger, H. Die Philosophie des Als — Ob. 1913.
367. Valt, L. Mõtteliste mudelite tunnetuslikust tähtsusest füüsikas. TRÜ Toimetised, 89, Tartu, 1960, lk. 99—108.
368. Valt, L. Mis on kvantmehaanika. Tallinn, 1960.
369. Valt, L. O. Despre functia cognitiva a reprezentarilor model in fizica moderna. Analele Romino-sovietique, ser. filozofie, 3, 1961, p. 3—14.
370. Valt, L. Mudelite osa tunnetus ja näitlikkuse probleem. ENSV matemaatikute ja füüsikute II teaduslik-pedagoogilise konverentsi lühiettekannete kogumik, Tartu, 1962, lk. 105—108.
371. Van Duijn, P. A model for theory finding in science. Synthese, Amsterdam, 1961, March, vol 13, nr. 1, p. 61—67.
372. Vescan, T. Consideratiuni asupra teoriei particulelor elementare. A) Limita de aplicabilitate a modelelor semiclasice. Studii si cercetări stiintifice fizica si stiinte tehnice. 8 (1957), fasc. 2.
373. Vigier, J. P. Quelques problèmes physiques posés par les thèses de Lénine. Pensée, 1954, nr. 57, 60—66.
374. Vigier, J. P. La démarche de Lénine devant la première crise de la physique moderne. «Cahiers du communisme», nr. 5, 1959.
375. Voigt, W. Über Arbeitshypothese. Göttingen Nachr. Gesellsch. Mitteilungen, 1905, S. 98—116.
376. Vogel, T. Die Bedeutung der modernen Physik für die Theorie der Erkenntnis. Leipzig, 1937.
377. Volkman, P. Erkenntnistheoretische Grundzüge der Naturwissenschaften. Lpzg. Berlin, 1910 (Wissenschaft und Hypothese, IX).
378. Volkman, P. Einführung in das Studium der theoretischen Physik. Leipzig, 1900.
379. Weizel, W. Ableitung der Quantentheorie aus einem klassischen, kausal determinierten Modell. Zs. f. Phys. 134, 1952/53, Heft 3, S. 264—285.
380. Weizsäcker, C. F. v. Zur Deutung der Quantenmechanik. Zschr. f. Physik, 118, 1941/42.
381. Weizsäcker, C. F. v. Zum Weltbild der Physik. Leipzig, 1945.
382. Weizsäcker, C. F. v. Die Anschaulichkeit in der modernen Physik. Das fünfminuten-Lexikon, Frankfurt a. M. 1950, S. 152—153.
383. Wenzlaff, B. u. a. Ist Anschaulichkeit für naturwissenschaftliche Erkenntnis notwendig? Wiss. Zschr. d. Humboldt-Universität, Ges. u. Sprachwissenschaftl. Reihe, 23, 1961, S. 149—153.
384. Weyl, H. Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft. (In «Handbuch der Philosophie, München, Berlin 1927).
385. Whitehead, A. N. An inquiry concerning the principles of natural knowledge. Cambridge, 1925.
386. Whitehead, A. N. Process and Reality. London-New-York, 1929.
387. Whittaker, E. History of the theories of aether and electricity. Edinburgh, 1951.

388. Whorf, B. L. An American indian model of universe. *International Journal of American Linguistics*, 16, 1950.
389. Wisdom, I. O. A new model for the Mind-Body relationship. *Br. Journ. Phil. Sci.* 1952. v. 2, nr. 8, 295—301.
390. Withers, R. F. I. Explanations and models in scientific theory construction» *BJPS*, 1961, Feb., vol. 11, nr. 44, 280—288.
391. Woodger, I. H. *The technique of theory construction*. Chicago, 1956. 83 p.
392. Wundt, W. *Die Prinzipien der mechanischen Naturlehre*. Stuttgart, 1910.
393. *Zedlers Universallexicon*, 1739.
394. Zeman, I. L'information, l'entropie et le temps dans la théorie de la connaissance 2^e congrès international de cybernétique, Namur, 1958.

Заключение

Борьба феноменологического и «модельного» направления в физике XIX века генетически вырастает из борьбы ньютонианства с картезианством. Если феноменологическую термодинамику можно с методологической точки зрения рассматривать как непосредственное продолжение ньютонианства, то в механической теории тепла чувствуется уже преодоление односторонности картезианства и ньютонианства. Тут вводились немеханические гипотезы и такие понятия, которые, несмотря на их связь с законами и понятиями механики, не сводятся к последним. Еще дальше пошла теория электромагнитного поля Максвелла. Микроскопическая модель молекулярных вихрей, на которую опирался вывод уравнений поля, выполняла лишь функцию условной аналогии, а не реального эквивалента действительного физического процесса (какой была модель молекулы в кинетической теории газа). Стало ясно, что механические модели для микропроцессов, интегральным выражением которых являются наблюдаемые тепловые и электромагнитные явления, всегда носят ограниченный характер (т. е. такие модели возможны лишь для частных аспектов упомянутых явлений и они неспособны охватить эти явления в целом). Таким образом, «модельные» теории подготовили (в методологическом плане) почву для возникновения физических теорий, порывающих с традициями механицизма, так как они подсказали немеханический характер микроявлений. Однако этого было явно недостаточно для возникновения новых физических теорий, так как не было решающих экспериментов, окончательно доказывающих неадекватность классических представлений.

В период кризиса физики энергетисты во главе с Оствальдом и Гельмом выступили против построения всяких моделей физических объектов и процессов. Они выдвигали против ато-

мистических концепций псевдорационалистические аргументы, обвиняя атомистов в бесплодной метафизике и возвращении к умозрительной натурфилософии. Ограничивая цели научной теории только описанием и отвергая объяснения, они скатывались через метафизику в субъективный идеализм. За трудности физической теории, обусловленные метафизической методологией, уцепились идеалисты разных мастей. Все они сходились в том, что использованные в физике модели суть свободные творения ума, не находящиеся ни в каком объективном соответствии с их реальными прообразами. Выступления материалистически настроенных физиков против идеализма в методологии физики не имели в это время решающего успеха по той причине, что физики не владели диалектическим методом, сознательное применение которого стало неизбежным в силу развития самой науки. Упомянутая борьба анализируется в первой главе работы. Показывается огромное значение идеи Ленина, выдвинутых в книге «Материализм и эмпириокритицизм», для развития физической науки и ее методологических основ.

Крупные изменения, внесенные в физическую картину мира теорией относительности и квантовой механикой, и окончательный крах попыток механического объяснения мира вели к некоторой дискредитации модельных представлений в физике. Раздавались голоса, что метод наглядных моделей — детище исключительно классической физики и он абсолютно неприменим в квантовой области. Современный «физический» идеализм делает из этого (одностороннего, следовательно и неправильного) утверждения совершенно необоснованный вывод о крушении материализма в физике.

На материале квантовой механики, квантовой теории твердого тела, теории элементарных частиц и атомного ядра мы во второй главе доказываем, что наглядные модельные представления и сейчас имеют важное место в методологическом арсенале физики. Они, конечно, не могут претендовать на исчерпывающее и всестороннее отражение микрообъектов и их взаимодействий, но тем не менее они на своем месте в приближенных и качественных толкованиях. Применимость моделей, элементы которого получены из созерцания, вовсе не ограничивается одним только созерцаемым миром. Наглядные модели могут репрезентировать и ненаблюдаемые объекты и их сложные связи, благодаря возможности перекомбинирования и перетолкования элементов некоторого чувственного образа (пример: шаровая поверхность в пространстве импульсов). Мы утверждаем, что логическое и чувственное взаимодействуют в реальном мышлении ученого на всех этапах создания и применения теории, и чувственная сторона при этом все время обогащается результатами процесса познания в целом. В частности, это имеет большое значение для материалистического понимания интуиции. Мы подво-

дим в третьей главе базу под указанные положения, опираясь на историю физической науки и современную психологию.

Подвергая анализу понятие наглядности, мы указали на некоторые общие черты научного и художественного познания, в частности, на сходство модели и художественного образа.

В последнем параграфе мы рассматривали некоторые принципы построения мысленных моделей и применимость к соответствию модели и действительности понятий изоморфизма и гомоморфизма.

MÖTTELISTE MUDELITE TUNNETUSLIK TÄHTSUS FÜSIKAS

Resümee

Fenomenoloogilise ja mudelitele põhineva suuna võitlus XIX sajandi füüsikateooriates kasvas ajalooliselt välja njuutoniaanluse ja kartesiaanluse võitlusest. Kui fenomenoloogilist termodünaamikat võib metodoloogiliselt vaatekohalt käsitada njuutoniaanluse vahetu jätkuna, siis mehhaanilises soojusteoorias on juba täheldatav kartesiaanluse ja njuutoniaanluse ühekülgsuse ületamine. Selles teoorias kasutati mittemehhaanilisi hüpoteese ja niisuguseid mõisteid, mis ei ole taandatavad mehhaanika mõistetele, kuigi nad on viimastega seotud. Veelgi kaugemale läks selles suhtes Maxwelli poolt loodud elektromagnetilise välja teooria. Mikroskoopiline molekulaarkeeriste mudel, mille baasil tuletati välja võrrandid, täitis vaid tingliku analoogia, n.-ö. teooria ehitustellingute ülesandeid. Seda mudelit ei käsitlenud Maxwell kui tegeliku füüsikalise protsessi tunnetuslikku ekvivalenti (milleks oli näiteks molekuli mudel kineetilises gaasiteoorias). Sai selgeks, et mehhaanilised mudelid mikroprotsesside jaoks (nende protsesside integraalseks väljenduseks on vahetult jälgitavad soojuslikud ja elektromagnetilised nähtused) omandavad alati piiratud iseloomu. Sellised mudelid kirjeldavad vaid nimetatud nähtuste üksikuid aspekte ja nad ei võimalda hõlmata nähtusi tervikuna. Mudelitele tuginevad teooriad olid metodoloogilises plaanis ettevalmistuseks mehhanitsismi traditsioone murdvatele füüsikalistele teooriatele; nad viitasid mikronähtuste mittemehhaanilisele olemusele. See aga ei olnud muidugi veel piisav uute teooriate kujunemiseks, sest puudusid otsustavad eksperimendid klassikaliste kontseptsioonide mitteadekvaatsuse tõestamiseks.

Füüsika kriisi perioodil astusid energetismi esindajad eesotsas Ostwaldi, Helmi ja Duhemiga välja füüsikaliste objektide ja

protsesside mudelite loomise vastu üldse. Nad esitasid pseudoratsionalistlikke argumente atomistlike kontseptsioonide vastu, süüdistades atomiste viljatus metafüüsikas ja spekulatiivse natuurfilosoofia taaselukustamises. Piirates teadusliku teooria eesmäärke ainult üksi kirjeldustega ja hüljates kausaalseid seletusi, libastusid energiatismi esindajad metafüüsika vahendusel subjektiivsesse idealismi. Füüsikateooriate arenguraskustest, mida tingis olulises osas metafüüsiline metodoloogia, haarasid kinni iga liiki idealistid. Kõik nad olid ühel nõul selles: teooriate loomisel kasutatavad mudelid olevat vaimu vaba loomingu saadus, millel puuduvat igasugune sisuline seos reaalseste objektidega. Materialistlikult meelestatud füüsikute väljaastumistel idealismi vastu teaduse metodoloogias ei olnud tol ajal otsustavat edu, kuna füüsikud ei tundnud dialektikat, mille teadlik rakendamine muutus möödapääsmatuks teaduse enda edusammudest tingituna. Selle võitluse analüüsile on pühendatud töö esimene peatükk. Selles näidatakse V. I. Lenini töös «Materialism ja empiriokrititsism» esitatud ideede tähtsust füüsikateaduse ja tema metodoloogiliste aluste arengule.

Suured muutused, mida tõi füüsika maailmapilti relatiivsusteooria ja kvantide mehhaanika, ja mehhanistliku maailmapildi kokkuvarisemine tingisid mõtteliste mudelite kui tunnetuse abivahendi mõninga diskrediteerimise. Avaldati vaateid, nagu oleks näitlike mudelite kasutamine ainuüksi klassikalise füüsika meetod, mis ei ole üldse rakendatav kvantprotsesside selgitamisel. Kaasaegne «füüsikaline» idealism teeb nimetatud ühekülgsest (seega ebaõigest) väitest täiesti põhjendamatu järelduse materialismi kokkuvarisemisest kaasaegses füüsikas.

Kvantide mehhaanika, tahke keha kvantteooria, elementaarosakeste ja aatomituuma teooria analüüsi varal näidatakse teises peatükis, et kaemuslikel mõttelistel mudelitel on oluline koht ka moodsa teoreetilise füüsika metodoloogilises arsenalis. Need mudelid ei saa muidugi pretendeerida mikroobjektide ja nende vastasmõjude ammendavale ja igakülgele peegeldamisele, kuid nad on oma kohal ligikaudsetes ja kvalitatiivsetes käsitluses. Kuigi mudelite üksikelemendid on saanud vahetult meeleliselt tajutavast maailmast, ei piirdu nende rakendusala ainult selle nähtuste ringiga. Kaemuslikud mudelid võivad esindada ka niisuguseid objekte ja seoseid, mis vahetult jälgitavad ei ole, ja seda tänu kujutluse elementide ümberkombineerimisele ja übermõtestamisele (näit. võib kujutleda kerapinda impulssruumis).

Töös näidatakse, et meelelised ja loogilised momendid on teadlase reaalses mõtlemisprotsessides lahutamatus ühtsuses nii teooria loomisel kui ka tema interpreteerimisel ja rakendamisel. Siinjuures tunnetuse meeleline külg kogu aeg rikastub tunnetusprotsessi kui terviku resultaatide arvel. Selle tõsiasi arvestamine on oluline intuitsiooni materialistlikul seletamisel. Töö kolmandas

peatükis põhjendatakse neid seisukohti, tuginedes füüsika ajaloo analüüsile ja kaasaegse psühholoogia andmetele.

Analüüsides kaemuslikkuse (näitlikkuse) mõistet, juhib autor tähelepanu mõnede teadusliku ja kunstilise tunnetuse ühistele joontele, muuhulgas mõttelise mudeli ja kunstilise kujundi samsusele. Töö lõpuosas käsitletakse mõningaid mõtteliste mudelite loomise printsiipe.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение. Постановка проблемы	3
Глава 1. Модели и классическая физика	11
§ 1. Физическая теория и модель	11
§ 2. Борьба материализма и идеализма в период кризиса физики и проблема моделей	27
Глава 2. Модели и современная физика	48
§ 1. Роль моделей в построении неклассических теорий	48
§ 2. Борьба материализма и идеализма в современной философии и проблема моделей	65
Глава 3. Некоторые проблемы диалектико-материалистического по- нимания роли модельных представлений в познании	82
§ 1. Взаимодействие чувственного и логического	82
§ 2. Модель и проблема наглядности	94
§ 3. Некоторые методологические проблемы	108
Литература	120
Заключение	131

ТРУДЫ ПО ФИЛОСОФИИ VIII

Л. О. Вальт

Познавательное значение модальных представлений в физике
На русском и эстонском языке

Тартуский государственный университет
Тарту, ул. Юликооли. 18

Редактор Р. Блюм

Корректоры С. Мазик и Э. Выханду

Сдано в набор 14/XII 1963. Подписано к печати 18/VI 1964. Бумага 60×90, 1/16. Печатных
листов 8,5. Учетно-издательских листов 10. Тираж 500 экз. МВ-05746. Заказ № 9666.
Типография им. Ханса Хейдеманна, ЭССР, г. Тарту, ул. Юликооли. 17/19. 1

Цена 70 коп.

Цена 70 коп.